R&D
11PRTD
-C0519
81-03

고속차량용(KTX)용 제동시스템 및 제동장치 기술개발 최종보고서

2012

한국건설교통기술평가원

국토해양부

Land Transport and Maritime R&D Report

미래철도기술개발사업 최종보고서

R&D
11PRTD-C051981-03

고속차량(KTX)용 제동시스템 및 제동장치 기술개발 최종보고서

2012. 12.

주관연구기관 / 한국철도공사
공동연구기관 / 유진기공산업(주)
금천씨스템(주)

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

국토해양부 장관 귀하

이 보고서를 "고속차량(KTX)용 제동시스템 및 제동장치 기술개발"과제의 보고서로 제출합니다.

2012. 12. 2

주관연구기관명 : 한국철도공사
주관연구책임자 : 소진섭
센 터 장 : 정진태
센 터 장 : 김현식
처 장 : 박무운
처 장 : 이승구
부 장 : 김봉래
차 장 : 윤희철
차 장 : 최형수
차 장 : 박영준
차 장 : 이영엽
차 장 : 김재국
차 장 : 윤차중
차 장 : 윤여만
차 장 : 전순배
차 장 : 염병수
차 장 : 노진범
과 장 : 박근배
과 장 : 양정무
대 리 : 최대영
연 구 원 : 박미나
연 구 원 : 이승은

공동연구기관명 : 유진기공산업(주)
공동연구책임자 : 차세환
부 사 장 : 박훈규
부 사 장 : 이재호
이 사 : 차세환
이 사 : 김동식
이 사 : 이영호
이 사 : 황상규

부　　장 : 강성웅
부　　장 : 이동균
부　　장 : 김기남
부　　장 : 유관욱
차　　장 : 이주철
차　　장 : 박찬우
차　　장 : 이재홍
차　　장 : 김태완
차　　장 : 최호식
차　　장 : 황성운
차　　장 : 정환식
차　　장 : 노용수
과　　장 : 금종호
과　　장 : 정태식
과　　장 : 김동현
과　　장 : 전병규
과　　장 : 김성일
과　　장 : 최항석
대　　리 : 박영록
대　　리 : 조연재
대　　리 : 김지훈
대　　리 : 권용중
대　　리 : 강병완
대　　리 : 신성오
대　　리 : 김상규
대　　리 : 김정현
사　　원 : 장광수
사　　원 : 권혁철
사　　원 : 이강은
사　　원 : 나인균
사　　원 : 조종화
연 구 원 : 이현주
고　　문 : Kiyama
고　　문 : Nagano

공동연구기관명 : 금천씨스템(주)
공동연구책임자 : 박판상
부 사 장 : 곽수태
부　　장 : 김창묵
부　　장 : 전용원
차　　장 : 동창호

차　　장 : 박명수
대　　리 : 조항범
주　　임 : 이도경
주　　임 : 김형윤
주　　임 : 정형동
주　　임 : 이종현
주　　임 : 이창근
사　　원 : 박종대
사　　원 : 백영석
사　　원 : 주환준
사　　원 : 김영규
사　　원 : 김덕수
사　　원 : 이종선
사　　원 : 김동국
사　　원 : 이병덕
사　　원 : 김종렬

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제고유번호</td><td>11PRTD-C
051981-03</td><td>해 당 단 계
연 구 기 간</td><td>2009. 3. 31~
2012. 5. 2</td><td>단 계
구 분</td><td>(3차년)/
(총3차년)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 사 업 명</td><td>중 사 업 명</td><td colspan="4">미래철도기술개발사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 과 제 명</td><td>대 과 제 명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">고속차량(KTX)용 제동시스템 및 제동장치 기술개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연 구 책 임 자</td><td rowspan="2">소진섭</td><td>해당단계
참 여
연구원수</td><td>총 : 44명
내부 : 42명
외부 : 2명</td><td>해당단계
연 구 비</td><td>정부 : 356,000천원
기업 : 118,669천원
계 : 474,669천원</td></tr>
<tr><td>총연구기간
참 여
연구원수</td><td>총 : 151명
내부 : 149명
외부 : 2명</td><td>총연구비</td><td>정부 : 2,644,000천원
기업 : 888,560천원
계 : 3,532,560천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및
소 속 부 서 명</td><td colspan="2">한국철도공사 연구원</td><td>참여기업명</td><td colspan="2">한국철도공사
유진기공산업(주), 금천씨스템(주)</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="5">상대국명 : 상대국연구기관명 :</td></tr>
<tr><td>위 탁 연 구</td><td colspan="5">연구기관명 : 연구책임자 :</td></tr>
<tr><td colspan="4">요 약</td><td>보고서면수</td><td>178page
(부록별도)</td></tr>
<tr><td colspan="6">KTX 제동시스템 및 장치에 대한 성능을 파악하고, 운용과정에서 발생한 요구조건을 반영하여 기본설계 및 상세설계, 시제품을 제작하였다. 기존품과 시제품 간 호환성 및 인터페이스 검토, 시제품 47종(중복부품 제외)의 규격서, 시험절차서, 61종의 유지보수매뉴얼을 작성하여 매뉴얼은 공사에서 활용 계획이다.
시제품은 AB제동시험기와 공사 보유 시험기로 성능을 확인하였다. 공인인증기관에서 최종 확인하였다. 개발품 18품목 중 단순 차단콕크 제외한 17개 품목을 KTX에 취부하고 정적시험을 진행하였다. 동력대차패널내 비상감지압력스위치 하우징 내부 표면이 거칠어 본 패널을 제외한 17품목에 대해 구내 시운전과 행신역(고양기지)에서 서대전역까지 본선시운전시험을 마쳤다.
본 개발품은 주요 안전장치에 해당하므로, 내구성시험 횟수를 높게 설정, 패널조립체 4종을 제외한 13개 품목을 완료하였다. 패널조립체 4종은 본 과제 2차년도에 제작한 ‘종합성능시험기’로 2,000회씩 순차적으로 진행하여 1차 완료하고, 현재 2차 내구성시험이 진행되고 있다.
연구 성과물로 디자인 2건(철도차량용 제동 중계밸브/ 차단밸브)이 등록되었다.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">색 인 어
(각 5개 이상)</td><td>한 글</td><td colspan="4">고속차량, 제동시스템, 제동장치, 공기제동, 분배밸브</td></tr>
<tr><td>영 어</td><td colspan="4">High speed train, Brake system, Brake equipment, Air Brake, Distributor</td></tr>
</table>

요 약 문

Ⅰ. 제목

고속차량(KTX)용 제동시스템 및 제동장치 기술개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구개발의 목적

KTX 제동시스템 및 장치의 요구조건을 반영하고, 기존품과 시제품간의 호환성 및 각 기기간의 원활한 인터페이스를 확보한다.

시제품 규격서와 시험절차서, 유지보수매뉴얼을 작성, 제동패널 조립체 4종을 포함하여 구성품 47종에 대해서 자체시험은 물론 공인인증기관으로부터 최종 성능을 확인하였다. 현차시험도 중요하지만 제동장치는 안전에 가장 중요한 장치로 17개 품목은 내구성시험을 진행하고, 공사의 시험노선과 영업노선에서 정적 및 동적시험을 수행하고자 한다.

2. 연구개발의 필요성

KTX는 도입당시부터 핵심부품의 기술이전을 기피하여 수입에 의존하였으며, 그 중 하나인 제동시스템 또한 마찬가지였다. KTX 제동시스템 및 장치에 소요되는 부품은 소모성이 많고 주기적으로 교체해야 하는 부품이 많음에도 수입에 의존하고 있다. 무엇보다도 KTX 도입 후 11년이 경과하는 시점에서 해외기술에 의존한 고가의 부품비용과 적기에 공급되기 어려운 문제점은 국산화 개발의 절대적인 필요성을 요구하고 있다.

철도차량 제동은 열차의 안전운행과 밀접한 관계를 갖는 시스템이다.

고가의 부품 구입비와 기술이전 기피로 인한 불안정한 공급체계로 인하여 차량의 유지보수에 지장을 준다면 국민의 철도이용에 많은 불편을 초래할 우려가 있다.

제동시스템 및 장치의 국산화개발로 안정적이고 신속한 부품공급은 차량 운영 효율향상 및 유지보수를 안정적으로 할 수 있을 뿐만 아니라, 기술

종속적인 국제관계에서 동등한 위치의 기술보유국가로서의 위상을 높일 수 있을 것으로 전망되는 점을 고려하면, 본 연구개발은 절대적으로 필요하지 않을 수 없다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

KTX 공기 제동시스템을 보면, 대차제어방식으로서 대차 당 제동패널을 구성하여 각각의 대차에 효율적으로 공기제동을 분담한다. 공기제동장치는 크게 객차대차, 동력대차, 기관사 제동패널, 공압보조패널 그리고 기타 부속품으로 분류할 수 있다.

제동패널을 포함하여 기본 및 상세설계를 통하여 시제품 47종을 제작, 규격서 및 시험절차서를 작성한다. 시제품은 제작사 소유의 AB제동 시험기와 공사가 보유하고 있는 시험기로 성능시험을 수행하고, 공인인증기관으로부터 성능을 최종 확인한 이후에 현차시험을 수행한다.

Ⅳ. 연구개발결과

KTX 제동시스템 및 장치에 대한 성능을 파악하고, 운용과정에서 발생한 요구조건을 반영하여 기본설계 및 상세설계 도면을 작성 완료하였다.

시제품 47종을 제작, 기존품과 시제품간의 호환성 및 각 기기간의 인터페이스를 검토하고, 시제품에 대한 성능검증을 위해서 '성능평가 시험계획'을 수립하였다.

시제품에 대한 설계도면, 규격서, 시험절차서, 유지보수매뉴얼(61종), 유지보수비용을 산정하였다. 보유하고 있는 시험기로 성능확인과 공인인증기관의 최종 성능을 확인하였다. 최종적으로 개발품에 대한 정적 및 동적 시험을 수행하였다. 그리고 분배변을 포함하여 17품목에 대해 내구성 시험을 시행하였다.

본 연구 성과물로 디자인 2건(철도차량 제동 중계밸브/차단밸브)이 등록되었다.

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

설계도면, 규격서, 시험절차서, 유지보수매뉴얼, 유지보수비용 산정 자료는 공사에서 활용할 것이며, 제동장치는 안전에 중요한 장치로, 계절적인 환경을 충분히 반영하여 주어진 내구성 평가시험을 통하여 만족한 성능이 확보하기 위해서는 별도의 예비편성이 필요한 시점이다.

SUMMARY

Ⅰ. Title

Braking system and keeper technical development of the high speed vehicles (KTX)

Ⅱ. The purpose and necessity of Research and Development

1. The purpose of Research and Development

We reflect the requirements for brake system of KTX vehicles, and ensure the smooth interface of devices, and compatibility between existing products and prototypes. We also make out the prototype specifications and test procedures, and maintenance manuals. The performance of 47 components including 4 kinds of brake panel assemblies, are verified by certification authority. Durability tests of 17 items are conducted for commercialization. We make out maintenance manuals, and estimate maintenance costs. Finally, we verify the performance of the final 18 items including the brake panel assembly by static and dynamic performance tests.

2. The necessity of Research and Development

We imported all parts, especially parts of braking system are the same, because publishers have evaded to transfer technical know-how of point parts to us since KTX's introduction early.

Although parts of braking systems of KTX vehicles must be consumed much and changed periodically. They are depending on all incomes. Most of braking systems must begin heavy maintenance since 2010. By the way, the price of parts are expensive and We depend on the technology of foreign countries. It is difficult to be

supplied in proper time, so we require absolutely necessity of localization development specially. Braking equipments have close connection in safe operation of train. Therefore, unstable supply system by evasion of transfer of technical know-how and expensive price disturb maintenance of railway vehicle, Citizens also go through inconvenience to use railroad. If supply of parts is stabilized to localization development of braking system, KORAIL can make KTX's operation and maintenance stably, and We can move from subordinate relation to equal position in technology relation. Like this, the Research and Development need absolutely.

Ⅲ. The substance and sphere of Research and Development

Using Bogie control system, KTX's Pneumatic brake system assigns air efficiently. It is classified carrying bogie brake panel, motor bogie brake panel, driver's brake valve panel and pneumatic auxiliary panel. We make 47 prototypes through design for brake panel and other parts. Afterward we drawing up specification and test procedure.

We don't only conduct a performance test to the prototype by a AB(Air Brake) tester of manufacturer and a brake tester of KORAIL, but we also conduct the on-track test after verifying performance with the presence of certification authority members.

Ⅳ. The research and development result

We have a general idea for performance of brake system used in KTX, and draw up design and make 47 prototypes reflecting user requirements. We review between the existing products and

prototypes. And we review between parts and the others. For elevating performance of prototypes we plan test of performance valuation and draw up specification and test procedure for prototypes.

We have made out prototype design drawings, specifications, test procedures, and 61 kinds of maintenance manuals, and have estimated maintenance costs. We have verified the performance by the tester with the presence of certification authority. We have conducted the static and dynamic tests of the prototype. Durability tests for 17 items including distributor have been conducted. With regard to this study, 2 designs(EPB cut-off cock valve, main relay valve) have been registered.

Ⅴ. The applicable plans of results for research and development

KORAIL will use the design drawings, specifications, test procedures, maintenance manuals, and maintenance cost estimation data practically. In the light of the seasonal environment, we will commercialize the system after we meet with satisfying results of dynamic and durability test.

CONTENTS

Chapter 1. The research outline ····· 1
Paragraph 1. The research outline ····· 1
Paragraph 2. The goal of Research ····· 1
Paragraph 3. The necessity of Research and Development ····· 2
1. The aspect of technique ····· 2
2. The aspect of economy and industry ····· 2
3. The aspect of society and culture ····· 3
Paragraph 4. The range of Research ····· 5
1. The content and range of Research ····· 5
2. The annual contents ····· 5
Paragraph 5. The annual plan of Research ····· 6
Paragraph 6. The program of process ····· 7
1. The driving strategy of Research ····· 7
2. The process of Research ····· 10
Paragraph 7. The major plan of 3nd Year ····· 11
1. The index of results ····· 11
2. The basic plan ····· 11

Chapter 2. Status of domestic and foreign technology development ····· 12
Paragraph 1. The collection and analysis of domestic reference ····· 12
1. The analysis of KTX Sancheon ····· 12
2. The analysis of Shinkansen ····· 15
Paragraph 2. The collection and analysis of foreign reference ····· 16
1. The survey of Japan technique ····· 16
2. The survey of the maintenance of France ····· 16

Chapter 3. Contents and results of research development ····· 18
Paragraph 1. The review of maintenance and interface ····· 18

1. The compatibility between existing parts and prototypes ····· 18
2. The interface between other parts and prototypes ····· 22
4. Conclusion for the interface ····· 36
Paragraph 2. Design of basic and detail ····· 37
1. Design items ····· 37
2. The design items of specific characteristics ····· 39
Paragraph 3. The manufacturing of prototypes ····· 72
1. The outline of the manufacturing of prototypes ····· 72
2. Carring bogie brake panel ····· 75
3. Motor bogie brake panel ····· 78
4. Driver's brake valve panel ····· 82
5. Pneumatic auxiliary panel ····· 85
6. The others ····· 87
Paragraph 4. Durability test ····· 93
1. Review of durability test's numerical goal ····· 93
2. Analysis of Durability test result ····· 97
Paragraph 5. Vibration, Environment test and verification by certification authority ····· 120
Paragraph 6. Making maintenance manuals & estimating maintenace costs ····· 131
1. Making maintenance manuals ····· 131
2. Estimating maintenance costs ····· 133
Paragraph 7. On-track test ····· 137
1. Preparation for on-track test ····· 137
2. Installation of a new development to KTX in use ····· 145
3. Static test ····· 151
4. Dynamic test ····· 153
5. Failure analysis & measures ····· 157
Paragraph 8. Registration for designs ····· 167

Chapter 4. The achievement of the goal & contribution to the related fields ····· 173
Paragraph 1. The annual goal of Research ····· 173
1. The achievement of the goal and the purpose of 1st year ····· 174
2. The achievement of the goal and the purpose of 2nd year ····· 175
3. The achievement of the goal and the purpose of 3nd year ····· 176
Paragraph 3. The progress of the performance of the second year ····· 177
1. The contribution to the technical fields ····· 177
2. The contribution to the social and economic fields ····· 177

Chapter 5. The plan to use the results of research development ··· 178

Chapter 6. Reference ····· 179

목 차

목 차 ····· i

표 목 차 ····· iv

그림목차 ····· iv

제1장 연구개발과제의 개요 ····· 1

제1절 연구 개요 ····· 1

제2절 연구 목적 ····· 1

제3절 연구 필요성 ····· 2

1. 기술적 측면 ····· 2

2. 경제・산업적 측면 ····· 2

3. 사회・문화적 측면 ····· 3

제4절 연구의 내용 및 범위 ····· 5

1. 주요 연구내용 ····· 5

2. 연도별 주요 연구내용 ····· 5

제5절 연차별 개발계획 ····· 6

제6절 추진체계 ····· 7

1. 연구개발 추진전략 ····· 7

2. 연구수행체계 ····· 10

제7절 3차년도 주요연구계획 ····· 11

1. 성과지표 ····· 11

2. 기본계획 ····· 11

제2장 국내외 기술개발 현황 ····· 12

제1절 국내 자료 수집분석 ····· 12

1. KTX산천 분석 ····· 12

2. 일본 고속철도(신간선) 차량 분석 ····· 15

제2절 국외 기술개발동향 조사 ····· 16

1. 일본 기술개발동향 조사 ····· 16

2. 프랑스 제동장치 유지보수 ····· 16

제3장 연구개발수행 내용 및 결과 ····· 18
제1절 기존제품과의 호환성 및 인터페이스 검토 ····· 18
1. 기존제품과 개발품의 호환성 검토 ····· 18
2. 개발품과의 인터페이스 검토 ····· 22
3. 인터페이스 검토결과 ····· 36
제2절 기본 및 상세설계 ····· 37
1. 설계 품목 ····· 37
2. 설계품목별 특성 ····· 39
제3절 시제품 제작 ····· 72
1. 시제품 제작품목 ····· 72
2. 객차대차 제동패널 ····· 75
3. 동력대차 제동패널 ····· 78
4. 기관사 제동패널 ····· 82
5. 공압보조 제동패널 ····· 85
6. 기타 제동 및 현가장치 ····· 87
제4절 내구성시험 ····· 93
1. 내구성시험 목표값 검토 ····· 93
2. 내구성시험결과 분석 ····· 97
제5절 진동・환경시험 및 공인기관 검사 ····· 120
제6절 유지보수매뉴얼 작성 및 유지보수비용 산정 ····· 131
1. 유지보수매뉴얼 작성 ····· 131
2. 유지보수비용 산정 ····· 133
제7절 현차시험 ····· 133
1. 현차시험 준비 ····· 137
2. 개발품 현차취부 ····· 145
3. 정적시험 ····· 151
4. 동적시험 ····· 153
5. 고장분석 및 조치 ····· 157
제8절 디자인등록 ····· 167

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 ····· 173
제1절 연구목표 및 달성도 ····· 173
1. 1차년도 연구목표 및 달성도 ····· 174
2. 2차년도 연구목표 및 달성도 ····· 175
3. 3차년도 연구목표 및 달성도 ····· 176
제2절 관련분야에의 기여도 ····· 177
1. 기술적 기여도 ····· 177
2. 사회경제적 기여도 ····· 177

제5장 연구개발결과의 활용계획 ····· 178

제6장 참고문헌 ····· 179

[부록 Ⅰ]
1.기술개발요구조건 2.성능평가시험계획(안) 3.현차시험계획(안)
4.기술검토 및 현차시험계획 5.정적 및 동적시험 절차서
6.현차시험 성적서 7.제품규격서 8.공장시험 절차서
9.기존품과 개발품 비교

[부록 Ⅱ]
1.공장시험 검사 성적서 2.공인인증기관(ROTECO) 입회시험 성적서
3.수도권철도차량정비단 검사 성적서 4. 도면

[부록 Ⅲ]
1.유지보수 매뉴얼

<표 목 차>

표 1.3.1 경제적 기대효과 산출자료 ····· 4
표 2.1.1 제동성능 요약 ····· 14
표 3.2.1 단계별 전자변의 전기적 상태 요약표 ····· 59
표 3.7.1 개발품 설치수량, 위치 및 방향 ····· 147
표 3.7.2 개발품 취부 수량별 가중치와 시운전 안전대책(안) ····· 150
표 3.7.3 정적시험 결과 ····· 156
표 3.7.4 동적시험 결과 ····· 156
표 3.7.5 비상감지압력스위치 기존품과 개발품 측정치 비교 ····· 160

<그 림 목 차>

그림 3.1.1 케넥터 및 케이블 어셈블리 ····· 22
그림 3.1.2 6핀 콘넥터 ····· 23
그림 3.1.3 3핀 콘넥터 ····· 23
그림 3.1.4 비상감지압력스위치 ····· 24
그림 3.1.5 5핀 콘넥터 ····· 24
그림 3.1.6 케이블 하네스 ····· 25
그림 3.1.7 BURGESS K5-UL ····· 26
그림 3.1.8 압력스위치 ····· 26
그림 3.1.9 마이크로스위치 ····· 27
그림 3.1.10 국내 유통 마이크로스위치 ····· 28
그림 3.1.11 BP 압력센서 ····· 28
그림 3.1.12 코일 ····· 29
그림 3.1.13 3D 모델 상호 간섭체크 및 패널 장착 시뮬레이션 ····· 30
그림 3.1.14 제동패널 및 제동장치간 인터페이스부 O-링 설계 ····· 31
그림 3.1.15 객차대차 제동패널 제작방법 변경품목 ····· 31

그림 3.1.16 동력대차 제동패널 제작방법 변경품목 ····· 32
그림 3.1.17 기관사 제동패널 제작방법 변경품목 ····· 33
그림 3.1.18 공압 보조패널 제작방법 변경품목 ····· 34
그림 3.1.19 기관사 제동변 필터 비교 ····· 34
그림 3.1.20 기초제동장치 제작방법 변경품목 ····· 35
그림 3.2.1 분배변 기본 및 상세설계 도면 ····· 39
그림 3.2.2 중계변 기본 및 상세설계 도면 ····· 41
그림 3.2.3 감압변 기본 및 상세설계 도면 ····· 42
그림 3.2.4 EPB차단변 기본 및 상세설계 도면 ····· 42
그림 3.2.5 역지변 기본 및 상세설계 도면 ····· 43
그림 3.2.6 역조절전자변 기본 및 상세설계 도면 ····· 44
그림 3.2.7 활주방지변 기본 및 상세설계 도면 ····· 45
그림 3.2.8 BP비상배출변 기본 및 상세설계 도면 ····· 46
그림 3.2.9 비상감지압력스위치 기본 및 상세설계 도면 ····· 46
그림 3.2.10 역지변 기본 및 상세설계 도면 ····· 47
그림 3.2.11 메인중계변 기본 및 상세설계 도면 ····· 48
그림 3.2.12 BP리셋팅 압력스위치 기본 및 상세설계 도면 ····· 49
그림 3.2.13 BP자동충기 압력스위치 기본 및 상세설계 도면 ····· 50
그림 3.2.14 기관사 제동변 필터 기본 및 상세설계 도면 ····· 50
그림 3.2.15 필터 배출콕크 기본 및 상세설계 도면 ····· 50
그림 3.2.16 제동변 차단콕크 기본 및 상세설계 도면 ····· 51
그림 3.2.17 살사차단 필터청소콕크 기본 및 상세설계 도면 ····· 51
그림 3.2.18 비상제동 전자변 기본 및 상세설계 도면 ····· 52
그림 3.2.19 제동캘리퍼 기본 및 상세설계 도면 ····· 52
그림 3.2.20 차압밸브 기본 및 상세설계 도면 ····· 53
그림 3.2.21 주차제동실린더 기본 및 상세설계 도면 ····· 53
그림 3.2.22 주차제동의 개요 ····· 55
그림 3.2.23 레벨링밸브 기본 및 상세설계 도면 ····· 55
그림 3.2.24 객차대차 MR/BP 차단변 기본 및 상세설계 도면 ····· 56
그림 3.2.25 동력대차 MR/BP 차단변 기본 및 상세설계 도면 ····· 57

그림 3.2.26 BP리셋팅 압력스위치 기본 및 상세설계 도면 ····· 58
그림 3.2.27 중계변 기본 및 상세설계 도면 ····· 59
그림 3.2.28 테스트포인트(小) 기본 및 상세설계 도면 ····· 60
그림 3.2.29 객차대차 제동패널 기본 및 상세설계 도면 ····· 60
그림 3.2.30 제동절환변 기본 및 상세설계 도면 ····· 61
그림 3.2.31 패널배출변 기본 및 상세설계 도면 ····· 61
그림 3.2.32 BP압력센서 기본 및 상세설계 도면 ····· 61
그림 3.2.33 중계변전자변 기본 및 상세설계 도면 ····· 62
그림 3.2.34 중계변 및 중계변전자변 ····· 62
그림 3.2.35 제동전환변 및 혼합제동전자변 ····· 63
그림 3.2.36 테스트포인트(大) 기본 및 상세설계 도면 ····· 64
그림 3.2.37 동력대차 제동패널 기본 및 상세설계 도면 ····· 64
그림 3.2.38 과충기전자변 기본 및 상세설계 도면 ····· 64
그림 3.2.39 파일럿감압변 기본 및 상세설계 도면 ····· 65
그림 3.2.40 파일럿감압변 ····· 65
그림 3.2.41 중립변 기본 및 상세설계 도면 ····· 66
그림 3.2.42 중립변 및 중립전자변 ····· 66
그림 3.2.43 전공제동제어압력스위치 기본 및 상세설계 도면 ····· 67
그림 3.2.44 기관사 제동패널 기본 및 상세설계 도면 ····· 67
그림 3.2.45 공압보조 제동패널 기본 및 상세설계 도면 ····· 68
그림 3.2.46 객차활주방지장치 기본 및 상세설계 도면 ····· 69
그림 3.2.47 복식제동표시기 기본 및 상세설계 도면 ····· 69
그림 3.2.48 단식제동표시기 기본 및 상세설계 도면 ····· 70
그림 3.2.49 차단콕크 기본 및 상세설계 도면 ····· 70
그림 3.2.50 공기필터 기본 및 상세설계 도면 ····· 70
그림 3.2.51 높이제한밸브 기본 및 상세설계 도면 ····· 71
그림 3.2.52 압력스위치 기본 및 상세설계 도면 ····· 71
그림 3.3.1 시제품 제작 사진 ····· 74
그림 3.3.2 분배변 시제품 ····· 75
그림 3.3.3 중계변 시제품 ····· 75

그림 3.3.4 감압변 시제품 ····· 75
그림 3.3.5 EPB 차단변 시제품 ····· 76
그림 3.3.6 중계변(완해)(제동) 전자변 시제품 ····· 76
그림 3.3.7 역지변(大) 시제품 ····· 77
그림 3.3.8 객차대차 제동패널 시제품 ····· 77
그림 3.3.9 역조절전자변 시제품 ····· 78
그림 3.3.10 활주방지변 시제품 ····· 78
그림 3.3.11 BP비상배출변 시제품 ····· 78
그림 3.3.12 제동절환변 시제품 ····· 79
그림 3.3.13 패널배출변 시제품 ····· 79
그림 3.3.14 비상감지압력스위치 시제품 ····· 79
그림 3.3.15 BP압력센서 시제품 ····· 80
그림 3.3.16 중계변(혼합제동) 전자변 시제품 ····· 80
그림 3.3.17 역지변(小) 시제품 ····· 80
그림 3.3.18 동력대차 제동패널 시제품 ····· 81
그림 3.3.19 과충기 전자변 시제품 ····· 82
그림 3.3.20 메인중계변 시제품 ····· 82
그림 3.3.21 파일럿감압변 시제품 ····· 82
그림 3.3.22 BP 1차감압 리셋팅압력스위치 시제품 ····· 83
그림 3.3.23 BP자동충기 압력스위치 시제품 ····· 83
그림 3.3.24 중립변 시제품 ····· 84
그림 3.3.25 전공제동제어압력스위치 시제품 ····· 84
그림 3.3.26 기관사 제동패널 시제품 ····· 84
그림 3.3.27 기관사 제동변 필터 시제품 ····· 85
그림 3.3.28 필터 배출콕크 시제품 ····· 85
그림 3.3.29 기관사 제동변 차단콕크 시제품 ····· 85
그림 3.3.30 살사차단(필터청소) 콕크 시제품 ····· 86
그림 3.3.31 비상제동제어전자변 시제품 ····· 86
그림 3.3.32 공압 보조패널 시제품 ····· 86
그림 3.3.33 객차활주방지장치 시제품 ····· 87

그림 3.3.34 복식제동표시기 시제품 ····· 87
그림 3.3.35 제동캘리퍼 시제품 ····· 87
그림 3.3.36 단식제동표시기 시제품 ····· 88
그림 3.3.37 주차제동실린더 시제품 ····· 88
그림 3.3.38 레벨링밸브 시제품 ····· 88
그림 3.3.39 차압밸브 시제품 ····· 89
그림 3.3.40 객차MR/BP 차단변 시제품 ····· 89
그림 3.3.41 주물 제조 과정 ····· 89
그림 3.3.42 동력대차 MR/BP 차단변 시제품 ····· 90
그림 3.3.43 주차제동보호밸브 시제품 ····· 90
그림 3.3.44 차단콕크 시제품 ····· 90
그림 3.3.45 공기필터 시제품 ····· 91
그림 3.3.46 높이제한밸브 시제품 ····· 91
그림 3.3.47 압력스위치 시제품 ····· 92
그림 3.4.1 패널차단변 내구성 시험 ····· 97
그림 3.4.2 기타 현가장치 내구성 시험 ····· 100
그림 3.4.3 객차 및 동력대차 제동패널 내구성 시험 ····· 103
그림 3.4.4 기관사 제동패멀 및 공압보조패널 내구성 시험 ····· 106
그림 3.4.5 제동캘리퍼 및 주차제동실린더 내구성 시험 ····· 108
그림 3.4.6 기타 현가장치 내구성 시험 ····· 112
그림 3.5.1 단품 공장시험 ····· 121
그림 3.5.2 패널조립체에 대한 공인인증기관 검사 ····· 121
그림 3.5.3 단품 성능시험 ····· 122
그림 3.5.4 진동시험 ····· 123
그림 3.5.5 환경시험 ····· 124
그림 3.7.1 현차시험을 위한 설명회(1차) 사진 ····· 137
그림 3.7.2 현차시험을 위한 설명회(2차) 사진 ····· 138
그림 3.7.3 개발품 현차취부 위치 ····· 145
그림 3.7.4 개발품 설치 ····· 146
그림 3.7.5 비눗물을 이용하여 누설검사 ····· 146

그림 3.7.6 객차대차 제동패널 시험 ····· 151
그림 3.7.7 동력대차 제동패널 시험 ····· 151
그림 3.7.8 기관사 제동패널 시험 ····· 152
그림 3.7.9 본선 시운전 계측 장비 ····· 152
그림 3.7.10 정적시험 계측결과 ····· 154
그림 3.7.11 동적시험 계측결과 ····· 155
그림 3.7.12 개발품 동력대차 제동패널 비상감지압력스위치 ····· 157
그림 3.7.13 비상감지압력스위치 분해 및 하우싱 내부 ····· 157
그림 3.7.14 비상감지압력스위치 동작시 저항 발생 부위 ····· 158
그림 3.7.15 내구성시험을 진행한 비상감지압력스위치 검토 ····· 158
그림 3.7.16 비상감지압력스위치 내부구조 및 작동 ····· 159

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구 개요

본 과제는 KTX 안전 운행의 핵심요소인 제동시스템 및 장치의 국산화 개발을 위하여 기술적 분석과 성능을 파악, 운용과정에서 발생한 요구조건을 반영하여 기본 및 상세설계 도면을 작성하고. 기존품과 시제품간의 호환성 및 각 기기간의 원활한 인터페이스를 확보한다.

KTX의 공기제동 시스템은 대차제어방식으로서 대차 당 제동패널을 구성하여 각각의 대차에 효율적으로 공기제동을 분담한다. 공기제동장치는 크게 객차대차 제동패널, 동력대차 제동패널, 기관사 제동패널, 공압보조패널, 기타 부속품으로 분류할 수 있다.

제동패널 및 기타 부속품에 대한 기본 및 상세설계를 통하여 시제품 47종을 제작하고, 규격서 및 시험절차서를 작성한다. 시제품은 제작사가 보유하고 있는 AB제동 시험기로 성능시험을 수행하고, 공인인증기관에서 최종 성능을 확인한다.

철도공사에서 보유하고 있는 시험기로 패널조립체와 단품 및 구성품 성능시험을 현차 취부 전에 재 확인한다. 현차시험 취부 후 단차시험기를 이용한 정적시험, 구내시운전과 본선 시운전의 동적시험을 통해 성능을 검증함으로써, KTX 제동 시스템 및 장치의 국산화 개발을 추진하고자 하는 연구이다.

제2절 연구 목적

KTX 제동시스템 및 장치의 요구조건을 반영하고, 기존품과 시제품간의 호환성 및 각 기기간의 원활한 인터페이스를 확보한다.

설계도면, 규격서, 시험절차서를 작성하고, 성능평가 시험계획을 수립하여 정적·동적시험을 수행한다. 이에 따라 안전한 제동시스템 및 장치의 제 기능을 확보하며, 시제품에 대한 유지보수매뉴얼, 유지보수비용을 작성하여 최적의 유지보수 방안을 도출하고자 한다.

제3절 연구 필요성

1. 기술적 측면

KTX는 국내 도입당시 핵심 기능부품 등은 원제작사가 기술이전을 기피하여 수입에 의존하였으며, 그 중 하나인 제동시스템 또한 마찬가지였다. 현재 철도공사는 외주 또는 자체적인 설비와 인원을 확보하여 중·경정비가 진행 중이다.

KTX 제동시스템 및 장치에 소요되는 부품은 소모성이 많고 주기적으로 교체해야 하는 부품이 많음에도 수입에 의존하고 있는 실정이다. 무엇보다도 KTX 도입 후 11년이 경과하는 시점에서 해외기술에 의존하고 있다. 특히 해외기술에 의존한 고가의 부품비용 요구로 적기에 공급되기 어려운 문제점이 있어 국산화 개발의 시급성이 요구되고 있다.

제동은 열차의 안전운행과 밀접한 관계를 갖는 시스템이다. 고가의 부품 구입비와 기술이전 기피로 인한 불안정한 공급체계로 인하여 차량의 유지보수에 지장을 준다면 철도이용에 많은 불편을 초래할 우려가 있다. 그러므로 제동시스템 및 장치의 국산화개발로 차량운영 효율향상 및 유지보수를 안정적으로 할 수 있을 뿐만 아니라, 기술종속적인 국제관계에서 동등한 위치의 기술보유국가로서의 위상을 높일 수 있을 것으로 전망되는 점을 고려하면, 본 연구개발은 절대적으로 필요하지 않을 수 없다.

2. 경제·산업적 측면

최근 달러화의 강세와 소모성 부품 가격상승으로 연간 수십억원의 부품구매 비용이 해외로 빠져나가고 있는 실정으로, 제동부품의 국산화는 유지보수 비용의 절감에 크게 영향을 줄 것으로 판단됨과 동시에 국제경제의 여파에 의한 추가적인 지출에 대하여 제동장치의 국산화를 통하여 방지할 수 있다.

국내 대응기술이 없을 경우 지속적으로 유지보수 비용의 증가가 예상됨은 물론 유지보수기술의 미확보로 인하여 고속철도의 안정적인 유지보수가 어려울 뿐만 아니라, 이로 인한 안전운행에도 영향을 미칠 것이다. 이러한 상황아래 효율적인 유지보수 수준을 유지하기 위해서는 제동장치 부품의 국산화가 반드시 필요하다. 한편, 국내 기간산업의 중추적 교통수단인 KTX는 2004년 운행을 시작하여 30년의 내구연한을 가지고 운행되고 있다. 중수선에 소요되는 부품들의 외국산 독점으로 인한 막대한 구매비용이 예상된다. 따라서 KTX 유지보수에 필요한 부품확보와 적정한

비용을 유지하기 위해서는 국산화 개발추진이 시급하며, 국산화에 성공할 경우 제품을 단기간에 공급할 수 있고, 적기에 수급할 수 있기 때문에 제동 시스템 및 장치의 안정적인 공급에 따른 유지보수 비용 절감이 기대된다.

KTX 제동시스템 및 장치의 국산화 개발에 따른 중정비(분해) 수리용 KIT 구매비용 절감은 약 231억 예상된다. 즉 KTX 제동장치 국산화 개발품 18종에 대한 6년검수(잔여횟수 4회) 약 378억, 12년검수(잔여횟수 2회) 약 392억의 구매비용의 합은 770억으로, 이중 30%의 국산화절감효과를 적용한 것이다.

3. 사회・문화적 측면

최근 고속철도망 확대와 KTX, KTX-산천의 운영으로 철도를 이용하는 승객의 지속적인 증가와 430㎞/h 차세대고속철도기술개발사업 등 지속적으로 전개되는 국내 신규 고속철도 물량과 2020년 이후의 KTX 차량 대체 물량에 맞추어 제동시스템 및 장치의 국산화 개발은 철도차량의 안전한 제동시스템의 초석이 됨으로써 철도 이용의 활성화에도 기여할 수 있을 것이다.

[표 1.3.1 경제적 기대효과 산출자료]

□ 중정비 수리키트 구매비용 : 77,081,451,600원

□ 국내개발시 절감 비용 = 77,081,451,600원 × 30%(국내절감시 추정감액율)

= 23,124,435,480원

※ 참고 상세자료

○ 중정비(분해) 수리용 KIT 구매비용 : 77,081,451,600원

- 전편성(46편성)에 대한 차량수명(30년) 대비 정비횟수 및 소요비용

구분		차량수명 대비 정비주기 (2004년~2034년)		
		6년(72개월)	8년(96개월)	12년(144개월)
정비 주기	잔여횟수	4회	3회	2회
	도래연도	'10년, '16년, '22년, '28년	'12년, '20년, '28년	'16년, '28년
정비 비용	1회	9,469,101,840원	부품단가 미산정	19,602,522,120원
	전체	37,876,407,360원		39,205,044,240원
관련근거		2010년 계약금액 (물가상승율 제외)	2009년 견적단가 (물가상승율 제외)	

교환주기	장치명	품 명	소요량(개)
6년	객차제동패널	분배변, 제동 및 완해전자변	4,106
	기관사패널	제동제어/완해제어/중립/과충기전자변,파일롯감압변	483
	동력차패널	중계/혼합제동전자변	1,449
	공압보조패널	대량살사전자변	483
	기타	레벨링밸브(객차 좌/우)	4,106
		레벨링밸브(동력 좌/우)	483
		높이제한밸브	9,177
	기타	동력차제동실린더(우)	2,484
8년	기타	단식제동표시기	2,174
		복식제동표시기	6,158
12년	객차제동패널	중계변, 전자변, 체크밸브, 중계전자변, 패널	2,053
	기관사패널	BP자동충기/BP리세팅압력스위치,메일릴레이,중립변,과충기배출변	242
	동력차패널	중계변,비상감지압력스위치, BP압력센서,활주방지변, 패널배출변,BP비상배출변	725
	공압보조패널	비상제동제어전자변,비상정차배출변	483
	기타	현가장치압력스위치	2,294

제4절 연구의 내용 및 범위

1. 주요 연구내용

- KTX 제동시스템 및 장치에 대한 성능파악
- 요구조건을 반영하여 기본 및 상세설계 도면, 규격서 및 시험절차서 작성
- 시제품 47종 제작 및 공인인증기관의 최종 성능 확인
- 기존품과 시제품간의 호환성 및 각 기기간의 인터페이스 검토
- 현차시험 계획 수립
- 패널조립체 및 단품에 대한 내구성시험, 정적·동적시험
- 시제품 유지보수매뉴얼 작성 및 유지보수비용 검토

2. 연도별 주요 연구내용

연 차	연구목표	주요 연구내용
1차년도	▪ 자료수집 -제동장치 자료 -유지보수 기준	▪ 고속차량에 대한 제동장치 파악 ▪ 현재의 유지보수 체계 및 절차 파악 ▪ 고속차량에 대한 현차 조사
	▪ 사용자/시스템 요구조건 도출	▪ 사용자 요구조건 도출 및 기능 분석 ▪ 시스템 요구조건 도출 및 기능 분석
	▪ 유지보수 관련 검토	▪ 기존제품의 유지보수 항목 검토
	▪ 인터페이스 검토	▪ 인터페이스 기본조건 분석
	▪ 검수종별 적절성 검토	▪ 현재 운용되고 있는 검수종별에 대한 조사
	▪ 제동장치 기본설계/상세설계(1)	▪ 시제품에 대한 List up ▪ 제작규격서 검토, 시험절차서 검토 ▪ 구성품 상세설계
	▪ 연차보고서 작성	▪ 1차년도 연구성과 보고서 작성
2차년도	▪ 제동장치 기본설계/상세설계(2)	▪ 1차년도 연속해서 기본/상세설계
	▪ 시제품 제작(1)	▪ 1차년도 설계완료 구성품, 시제품 제작
	▪ 시제품 제작(2)	▪ 2차년도 설계완료 구성품, 시제품 제작
	▪ 시제품 성능시험준비	▪ 제품규격서, 시험절차서 작성 ▪ 시험기 설계 및 제작
	▪ 유지보수 및 인터페이스 검토	▪ 기존제품과 시제품의 호환성 검토 ▪ 타기기와의 인터페이스 검토 ▪ 시제품과의 인터페이스 검토
	▪ 연차보고서 작성	▪ 2차년도 연구성과 보고서 작성
3차년도	▪ 유지보수 관련 검토	▪ 유지보수 비용(LCC) 검토
	▪ 유지보수 매뉴얼 작성	▪ 검수종별 개선방향 제시 ▪ 시제품에 대한 유지보수 매뉴얼 작성
	▪ 조립, 시험	▪ 각 구성품 조립, 시험 ▪ 제동패널 조립,시험(제품규격서,시험절차서)
	▪ 현차시험	▪ 현차시험 협의 ▪ 계측장비 준비 ▪ 현차취부 / 정치시험 / 현차운행시험
	▪ 연차보고서 작성	▪ 3차년도 연구성과 보고서 작성 ▪ 개발과제 완료보고서 작성

제5절 연차별 개발계획

일련번호	연구내용	추 진 일 정 (연도별)															비중(%)
		1차년도				2차년도				3차년도(연장 7개월)							
		1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	
1	자료수집 분석																5
2	요구조건 도출, 분석																10
3	유지보수 관련 검토 분석																5
4	인터페이스 검토 분석																5
5	기본, 상세 설계																10
6	시작품(시제품) 제작 및 절차서 작성																15
7	개발품 성능검증 준비																3
8	개발품 단품성능 검증																2
9	개발품 환경시험 검증																2
10	개발품 진동시험 검증																2
11	핵심부품(3종) 내구성시험 + 추가 13종																2
12	현차시험 협의																2
13	계측장비 준비																2
14	현차시험																15
15	유지보수(LCC) 비용 검토																10
16	유지보수 매뉴얼																10

제6절 추진체계

1. 연구개발 추진전략

가. 연구개발 추진체계

구 분	주관연구기관 (한국철도공사)	공동연구기관 (유진기공산업(주))	공동연구기관 (금천씨스템(주))
1차년도 (2009년)	◦ 요구조건 도출 - 제동시스템 일반 조건 - 공압부품 및 패널조립품 조건 - 전기부품류 조건 - 제동장치 및 부품 성능 조건 ◦ 호환성 여부 및 적정성 검토 - 기존품과 시제품과의 호환성 - 장치간 호환의 적정성 ◦ 인터페이스성 검토 - 차량에서의 인터페이스 - 장치간 인터페이스 ◦ 기본설계 분석	◦ 호환성 검토 - 기존품, 개발(개선)품 성능 호환 검토 ◦ 인터페이스 검토 - 기본조건 분석 ◦ 검수종별 적절성 검토 - 차량의 검수종별 검토 ◦ 제동장치 기본 및 상세설계 - 공압부품, 패널 설계 ◦ 시작(시제)품 제작 - 제작 착수	◦ 요구조건 분석 - 사용자요구조건 분석 - 호환/인터페이스 적용방안 마련 ◦ 기본 및 상세설계 - 대차 현가장치류 설계
2차년도 (2010년)	◦ 시험절차 및 성능인증 계획 수립 - 시험 계획 수립 및 절차서 마련 - 현차 성능인증 방안 마련 ◦ 설계/규격서 등의 분석 검토 - 기본 및 상세설계 - 제작규격서 - 재료/부분품의 품질 인증 관련 ◦ 시제품 분석검토, 성능 시험 - 품목별 시작(시제)품 - 단품 성능 시험	◦ 상세설계 및 시제품 완성 ◦ 시제품 성능 시험 ◦ 제작규격서 작성 - 공압부품, 패널류 규격서 작성 ◦ 호환성 검토 - 기존품, 개발(개선)품 성능 호환 검토 ◦ 인터페이스 검토 - 시제품의 차량 및 타기기, 부품상호간 조건 검토 ◦ 시험기 설계 및 제작 - 패널 및 공압부품류 시험기 ◦ 현차시험 계획 - 시험절차서 작성 - 기타 시험관련 제반 사항 준비	◦ 시제품 제작 - 현가장치 시제품 제작 ◦ 시제품 성능시험 ◦ 제작규격서 작성 - 현가장치 규격서 작성 ◦ 시험절차서 작성 - 현가장치 시험절차서 작성
3차년도 (2011년)	◦ 매뉴얼 검토/검증 - 유지보수매뉴얼 분석 ◦ 시험 문제점 도출 및 분석 - 각종시험의 문제점 도출 및 분석 - 현차 적용에 따른 시스템 검증 - 시험기 성능 검증 ◦ 시험 및 결과물 산출 - 현차시험 주관 - 개발 성과 등의 평가 - 보고서 등 성과 산출	◦ 검수종별 적절성 검토 - 조립품 및 부품 검토 ◦ 매뉴얼 작성 - 유지보수매뉴얼 작성 ◦ 시제품 조립 - 조립, 성능시험 ◦ 현차 취부 및 시험 - 정적성능시험 - 현차운행시험 ◦ 분석 및 보완 - 문제점 도출 및 보완 ◦ 평가 및 산출 - 개발 성과 등 평가 - 보고서 등 성과 산출	◦ 매뉴얼 작성 - 유지보수매뉴얼 작성 ◦ 현차 취부 및 시험 - 정적시험 - 동적시험 ◦ 분석 및 보완 - 문제점 도출, 보완 ◦ 평가 및 산출 - 개발성과 등 평가 - 보고서 등 성과 산출

나. 1차년도 세부 추진계획 및 방법

일련번호	연구내용	세부추진 계획 및 방법	수행기간	해당기관
1	■ 자료수집, 분석	- 현 운용중인 고속차량 제동장치 자료 분석 및 관련 자료 수집 - 현재 유지보수 체계 및 절차 파악 - 관련 자료를 근거로 고속차량 현차성능 확인을 통하여 기본설계 근거를 마련	1개월	코레일 유진기공 금천씨스템
2	■ 사용자/시스템 요구조건 도출 및 분석	- 사용자 요구조건 도출 및 기능분석 - 시스템 요구조건 도출 및 기능분석	4개월	상동
3	■ 유지보수 관련 검토	- 기존제품의 유지보수 항목 파악	0.3개월	상동
4	■ 인터페이스 검토	- 기존제품의 인터페이스 파악	0.3개월	상동
5	■ 검수종별 적절성 검토	- 현재 운용되고 있는 검수종별에 대한 조사	0.4개월	상동
6	■ 기본 및 상세설계 ■ 설계서 분석	- 기 시제품 적용 및 시제품 List Up - 시제품 제품규격서, 시험절차서 검토 - 구성품 상세 설계 - 설계서, 규격서 등의 타당성 검토	5.5개월	상동
7	■ 연차보고서 작성	- 1차년도 연구성과 분석 및 보고서 작성	0.5개월	상동

다. 2차년도 세부 추진계획 및 방법

일련번호	연구내용	세부추진 계획 및 방법	수행기간	해당기관
1	■ 기본 및 상세설계 보완 ■ 설계서 분석	- 1차년도에 계속해서 설계진행	3개월	코레일 유진기공 금천씨스템
2	■ 시제품 제작 및 분석	- 1차년도 설계완료 구성품은 시제품 제작에 착수하고 계속해서 2차년도 설계완료 구성품, 시제품 제작과 연속적으로 개발	3개월	상동
3	■ 시제품 보완 및 분석	- 1차년도 시제품 보완 및 분석 - 시제품 제작수량을 동력차 및 객차패널 각각 4유니트, 기관사 및 공압보조패널 3유니트이상, 기타 장치는 각4조 이상 제작	2개월	상동
4	■ 시제품 성능검증 준비	- 제품규격서, 시험절차서 작성 - 시험기 기본설계 및 상세설계 - 시험기 제작	2.5개월	상동
5	■ 유지보수 및 인터페이스 검토	- 기 시제품 적용시 유지보수항목 및 호환성 비교, 검토 - 시제품 설계 시에 유지보수, 호환성 반영 - 기 시제품 적용 시 또는 시제품 설계 시에 인터페이스 검토분 반영	1개월	상동
6	■ 연차보고서 작성	- 2차년도 연구성과 보고서 작성	0.5개월	상동

라. 3차년도 세부 추진계획 및 방법

일련번호	연구내용	세부추진 계획 및 방법	수행기간	해당기관
1	■ 유지보수 관련 검토	- 유지보수 비용(LCC) 검토	1.5개월	코레일유진기공금천씨스템
2	■ 유지보수 매뉴얼 작성	- 검수종별 개선방향 제시 - 시제품에 대한 유지보수 매뉴얼 작성	2개월	상동
3	■ 조립, 시험	- 각 구성품 조립, 시험 - 제동패널 조립, 시험	2개월	상동
4	■ 현차시험	- 현차시험 협의, 계측장비 준비 - 현차취부 및 정적시험 · 현차 정적상태에서 차상컴퓨터 및 제동 패널간의 인터페이스시험, 시스템 성능시험 - 현차 운행시험 · 현차 운행상태에서 차상컴퓨터 및 제동 패널간의 인터페이스시험, 시스템 성능시험	6개월	상동
5	■ 연차보고서 작성	- 3차년도 연구성과 보고서 작성 - 개발과제 완료보고서 작성	0.5개월	상동

2. 연구수행체계

연구개발과제	
과제명	고속차량(KTX)용 제동시스템 및 제동장치 기술개발

총 참 여 연 구 원
주관연구책임자 (소진섭)외 80명

기 관 별 참 여 현 황

구 분	기관수	인원수	총인원 수
산 업 계	3	81	81
대 학			
국공립(연)			
출 연 (연)			
기 타			

주 관 연 구 기 관	공 동 연 구 기 관	공 동 연 구 기 관
한국철도공사	유진기공산업(주)	금천씨스템(주)
참 여 연 구 원	**참 여 연 구 원**	**참 여 연 구 원**
주관연구책임자 (소진섭)외 19명	공동연구책임자 (차세환)외 39명	공동연구책임자 (박판상)외 20명
책임급 9명, 선임급 10명, 원급 1명	책임급 12명, 선임급 14명, 원급 13명, 기타 1명	책임급 4명, 선임급 2명, 주임급 6명, 원급 9명
담당연구개발내용	**담당연구개발내용**	**담당연구개발내용**
과제명: 시스템엔지니어링	과제명: 공압부품 및 패널개발	과제명: 현가장치 개발
- 제동장치 시스템엔지니어링 - 설계서/규격서 등 검토 - 성능시험 절차/방안 수립 시행	- 개발 세부추진방안 수립 - 공압 부품류 및 제동 패널 개발 - 유지보수 기술 개발	- 대차 현가장치 개발 - 유지보수 기술개발

제7절 3차년도 주요연구계획

1. 성과지표

성과지표		측정방법	달성 목표치	가중치 (0~1)	목표치 설정근거
지표기호	지표명				
C-1	시제품 출시건수	시제품 출시건수	4	0.05	고속차량 제동장치 부품 국산화개발 패널품목이 4종임
C-2	시험절차서 작성건수	시험절차서 작성건수	4	0.05	
D-1	품질검증 건수	검사 성적서 건수	40	0.05	개발품 중 단품시험 검증이 필요한 품목이 40종임.
D-2	품질검증 건수	검사 성적서 건수	12	0.05	패널 4종 및 기타현가장치 8종
D-3	품질검증 건수	검사 성적서 건수	12	0.05	패널 4종 및 기타현가장치 8종
D-4	내구성시험 실적	반복시험 결과서 건수	3	0.05	내구성시험이 필요한 품목 분배변 등 3종+추가 13종
D-5	현장적용건수	개발된 시제품의 현차적용 운행시험 결과보고서 건수	1	0.4	개발시제품 47종의 현차 성공을 1건으로 책정
E-1	LCC 절감 효과	유지보수 비용분석 건수	1	0.1	기존품 수입가격을 분석한 자료를 1건으로 책정
E-2	지침/매뉴얼의 개발 및 보급	유지보수매뉴얼 작성건수	1(42)	0.2	유지보수매뉴얼 작성 단품 42건 예상

2. 기본계획

일련번호	연 구 내 용	세부추진 계획 및 방법	수행기간	해당기관
1	■ 시제품 출시	- 패널 조립체 4종 제작	2개월	코레일 유진 금천
2	■ 시험절차서 작성	- 패널 조립체 4종에 대한 시험절차서 작성	0.5개월	상동
3	■ 개발품 단품시험 검증	- 공인기관 입회 단품 성능시험	1개월	상동
4	■ 개발품 환경시험 검증	- 공인기관 입회 환경시험	1개월	상동
5	■ 개발품 진동시험 검증	- 공인기관 입회 진동시험	1개월	상동
6	■ 핵심부품 내구성 시험	- 핵심부품(3종) 내구성시험+추가 13종	6개월	상동
7	■ 현차시험	- 현차시험 협의, 계측장비 준비 - 현차취부 및 정적시험 - 현차 운행시험 · 현차 정적상태에서 차상컴퓨터 및 제동 패널간 인터페이스시험, 시스템 성능시험	5개월	상동
8	■ 유지보수 비용(LCC) 검토	- 코레일 자료반영, 유지보수 비용 분석	1개월	상동
9	■ 유지보수 매뉴얼	- 검수종별 개선방향 제시 - 개발품에 대한 유지보수 매뉴얼 작성	1개월	상동
10	■ 연차보고서 작성	- 3차년도 연구성과 보고서 작성 - 개발과제 완료보고서 작성	0.5개월	상동

제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 국내 자료 수집분석

1. KTX-산천 분석

가. 개 요

KTX-산천 공기제동시스템은 제동블렌딩제어유니트(Brake Blending Control Unit), 제동제어유니트(Brake Control Unit), 활주방지제어장치(Anti-Skid Control Equipment), 기초제동장치(Mechanical Brake Equipment), 구원제동유니트(Brake Translating Unit) 등으로 나누어진다. 공기제동시스템은 인통선(Train Line)을 통한 전공블렌딩(EP Blending) 제어시스템으로 전체적인 제동제어는 제동블렌딩제어유니트(BBCU)에서 총괄한다. 제동지령 해석 및 제동력 연산은 BBCU에서 담당하며 각 대차를 제어하는 제동제어유니트(BCU)가 BBCU로부터 받은 제동지령을 제동장치에 인가하게 된다. 마찰제동력(Frictional Brake Force)을 발휘하는 기초제동장치는 답면 제동유니트(Tread Brake Unit)와 디스크제동유니트(Disk Brake Unit)가 있으며 동력차는 답면 제동유니트(TBU)가 설치되고, 부수차는 디스크 제동유니트(DBU)가 설치된다.

BCU는 제동지령을 수신하는 전자제어 부분과 공압제어 부분으로 크게 구분된다. 전자제어장치 부분은 제동전자제어유니트(Electronic Control Unit), 활주방지제어장치(Anti-Skid Control Equipment) 등으로 구성되며, 공압제어 부분은 전공전환밸브(Electric-Pneumatic Change Valve), 중계밸브(Relay Valve, 긴급전자밸브 포함), 압력제어밸브(High-Low Control Valve, 속도절환용 전자밸브), 압력센서, 공기필터 등으로 구성된다.

나. 일반 조건

(1) 차량 구성

KTX-산천은 10량 편성(2P8T), 즉 PC1+8T+ PC2로 구성된다. PC는 동력차(구동대차), T는 부수객차(부수대차)에 해당된다.

(2) 운행 조건

(가) 기후조건으로, 외기온도는 -35℃～+40℃, 최대강우량은 120 ㎜/시간(414 ㎜/일), 최대적설량은 12.5 ㎝/시간(29.6 ㎝/일), 기타 먼지, 눈, 비, 바람, 염분 등에 대해 정상기능 조건이어야 한다.

(나) 선로조건으로, 궤간은 1,435 ㎜, 최대구배는 35 ‰ 조건이어야 한다.

(다) 차량성능으로, 최고운행속도는 300 ㎞/h, 설계최고속도는 330 ㎞/h, 최대감속도는 1.06 m/s^2(Deviation on requested rate:+5%～-0%), 편성중량(W_0)는 약 400 ton, 편성중량(W_2)는 약 434 ton 이어야 한다.

다. 제동 성능

(1) 열차제원

(가) 열차제원

■ 차량속도	300 km/h
■ 편성량수	10량(2P8T)
■ 공차중량(W_0)	403 ton
■ 만차중량(W_2)	434 ton
■ 동력대차	4 Bogies
■ 부수대차	9 Bogies
■ 차륜직경	920/850 ㎜ (new/worn)
■ 성능계산 기준차륜직경	885 ㎜ (Half worn)
■ 궤간	1,435 ㎜
■ 관성질량보상계수	1.038

(나) 제동관련 요구조건

■ 최대감속도	1.06m/s^2 (Deviation on requested rate : +5%～0 %)
■ 제동거리(비상제동)	With in 3,300 m from 300 km/h With in 2,600 m from 270 km/h With in 1,850 m from 230 km/h
■ 최대구배	35 ‰ 이하

(다) 제동장치 구성

■ 동력대차 회생제동장치 : Bogie당 2대 (1 M/B)

저항제동장치 : Bogie당 2대 (1 M/B)

답면제동장치 : Bogie당 4대

■ 부수대차 디스크제동장치: Axle 당 Disk 3개 (Bogie 당 6대)

[표 2.1.6 제동성능 요약]

구 분			300 ㎞/h			270 ㎞/h		
			거리(m)	시간(s)	평균 감속도 (m/s^2)	거리(m)	시간(s)	평균 감속도 (m/s^2)
정상상태	상용제동	회생제동	3,890	93.4	0.89	3002	80.1	0.94
		저항제동	4,583	110.0	0.76	3545	94.5	0.79
	비상제동	회생제동	3,167	76.0	1.10	2456	65.5	1.15
		저항제동	3,235	77.6	1.07	2513	67.0	1.12
감소동력	상용제동	회생제동	4,198	100.7	0.83	3241	86.4	0.87
	비상제동	회생제동	3,352	80.4	1.04	2597	69.3	1.08
순수공기제동(비상제동)			4,079	97.9	0.85	3155	84.1	0.89
3/4 사용	상용제동	회생제동	5,340	128.2	0.65	4143	110.5	0.68
		저항제동	6,189	148.5	0.56	4951	132.0	0.57
	비상제동	회생제동	4,399	105.6	0.79	3422	91.3	0.82
		저항제동	4,500	108.0	0.77	3509	93.6	0.80
구 분			230km/h			150km/h		
			거리(m)	시간(s)	평균 감속도 (m/s^2)	거리(m)	시간(s)	평균 감속도 (m/s^2)
정상상태	상용제동	회생제동	2,065	64.6	0.99	847	40.7	1.02
		저항제동	2,443	76.5	0.84	997	47.9	0.87
	비상제동	회생제동	1,710	53.5	1.19	724	34.8	1.20
		저항제동	1,753	54.9	1.16	739	35.5	1.17
감소동력	상용제동	회생제동	2,228	69.7	0.92	906	43.5	0.96
	비상제동	회생제동	1,805	56.5	1.13	754	36.2	1.15
순수공기제동(비상제동)			2,178	68.2	0.94	865	41.5	1.00
3/4 사용	상용제동	회생제동	2,862	89.6	0.71	1172	56.3	0.74
		저항제동	3,433	107.5	0.59	1403	67.4	0.62
	비상제동	회생제동	2,386	74.7	0.86	1004	48.2	0.86
		저항제동	2,451	76.7	0.83	1027	49.3	0.84

2. 일본 고속철도(신간선)차량 분석

가. 개 요

신간선 제동시스템은 전기제동을 주체로, 공기제동은 저속영역만을 분담시키고 있지만, 고속영역에서도 공기제동만으로 감속이 가능하게 되어있다. 이는 전기제동이 고속영역에서 실효할 경우, 승차감을 손상시키지 않고, 즉시 공기제동으로 절환되는 것이다. 공기제동방식은 최초의 신간선인 0계 차량이 전자직통식 공기제동을 사용하였을 뿐, 이후에 제작된 차량은 전기지령식 공기제동을 사용하고 있다.

신간선 차량은 동력분산방식을 사용하고 있다. 이 방식은 대부분의 차량마다 동력발생장치, 즉 견인전동기를 장착한다는 특징을 갖고 있다. 이러한 방식의 제동시스템은 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 신간선차량의 제동시스템은 각 차량마다 장착된 모터를 근간으로 하여 전력회생제동을 주요 제동수단으로 사용한 대신, 공기제동은 열차속도 30 ㎞/h이하에서 정차위치 조정, 비상제동체결 등 긴급한 경우에만 사용된다는 점이다.

둘째, 동력발생장치가 설치되지 않은 부수차의 경우에는 회생제동을 대신하여 디스크식 와전류제동을 사용하고 있다는 점이다.

셋째, 전체 열차가 일정한 감속도를 유지하기 위하여 각 차량의 중량에 따라 제동력을 달리 조정하는 응하중제어를 행한다는 점이다.

나. 차량별 기본제원

차량계열	감속도(㎞/h/s)	제동 제어방식
300계 700계	2.7	전력회생제동 병용 전기지령식공기제동,와전류제동병용전기지령식공기제동(부수차), 응하중장치 부착
500계 N700계	2.7	전력회생제동 병용 전기지령식공기제동, 응하중장치 부착
800계	2.7	상동
200계	2.6	발전제동병용 전기지령식공기제동, 응하중장치 부착
400계	2.6	상동
E1~E4계	2.69	전력회생제동 병용 전기지령식공기제동, 응하중장치 부착

제2절 국외 기술개발동향 조사

1. 일본 기술개발동향 조사

현재 신간선(E2계 275 ㎞/h)의 비상제동 정지거리는 4,000 m에 이르며, 이 제동 성능으로 제동 초속도를 360 ㎞/h까지 향상한다면, 비상정지거리는 약 7,000m까지 늘어나 버린다. 또한 지진시의 리스크 상승을 억제하기 위한 가장 효과적인 방법은 비상정지거리를 가능한 한 늘어나지 않게 하는 것이다. 그래서 Fastech에서는 360 ㎞/h에서의 비상정지거리를 4,000 m정도로 하는 것을 목표로 제동시스템을 개발하였다. Fastech의 현차시험결과, 최고속도 360 ㎞/h에서의 비상정지거리는 공기저항 증가장치 병용인 경우에서 4,000 m정도로 목표를 달성하였으며, 공기저항 증가장치를 병용하지 않은 경우에도 제동 초속 340 ㎞/h정도에서 4,000 m로 정지 가능하다고 한다. 또한 공기압식 신간선 제동시스템의 근간을 이루는 제동캘리퍼의 개발이 가능해지고, 유압캘리퍼와 동등 성능을 발휘하고 있다. 유압캘리퍼의 스페이스에 취부 가능하도록 소형화를 추진, 유압을 사용하지 않음으로써 무보수화의 기대치 또한 높아짐을 알 수 있었다. 이에 따라 개발한 공압캘리퍼의 내구성을 확인하고, 동시에 공압시스템에 적합한 제동제어 및 차륜답면과 레일간의 점착력 저하(미끄러짐)로 인한 제동거리 연장을 방지하기 위해 활주 재점착제어 개발을 추진, 제동시스템 전체에서의 비용절감 및 무보수화를 검토하는 것으로 조사되었다.

2. 프랑스 제동장치 유지보수

제동장치에 소요되는 구성부품은 다변화된 부품시장에서 일반적으로 구입할 수 있으나, 주요 핵심 구성부품은 원제작사(Knorr 및 Faiveley사) 제품을 사용한다. 제동부품에 사용되는 그리스는 6~7종류가 있으며, 주로 고무류에는 Molykote 55 O-ring Grease, 기계부에는 Shell 알바니아 2760이 사용된다. 수리대상품은 정기적인 화차운송을 통해 Rennes 기지로 들어오고, 내・외부 별도의 보관장소를 통해 종류별로 분류된다.

성능확보 방안으로, 분해 정비된 제동부품의 이력관리를 철저히 기록 유지하는 것이 가장 기본이다. 해당제품의 제작일, 주행거리, 운행이력, 주요 고장사례, 정비횟수와 정비내용 등 관련된 부품 이력은 전산관리 되어야 한다. 현장에 보유된 시험기와

각종 계측기는 자체적으로 검・교정을 실시하며, 외부기관에서도 검・교정을 의뢰하여 또 다른 수입을 창출한다. 자체 보유한 장비의 압력센서 검・교정은 1년 단위로 시행한다. 부품의 분해정비 후 제작사가 제시한 수명보다 늘어나는 것을 검토하여 제동부품의 정비계획 자체 수립에 반영하여 차량이 안정적으로 운용되게 한다.

신규 제동부품이 개발되어 수명을 측정할 때는 제작사의 기준을 따르기 보다는 자체적으로 체계적인 샘플링 검사를 통해 신품의 검수주기를 재설정한다. 샘플링 검사의 방법은 고장이 발생한 부품검사를 중심으로, 운행 중인 최소 5개의 부품을 샘플링하여 정밀검사를 한다. 제작사에서 제작한 제동부품만을 사용하기 보다는 자체적인 분해정비 업무를 통해 습득한 노하우를 바탕으로 차량의 기능 및 제동부품의 성능개선을 위해 신규 제동부품을 개발 및 설계하여 제작사에 제작을 요청하는 것으로 조사되었다.

제동부품의 주요고장이나 결함이 발견되기 전에 마모 또는 노화된 부품의 시스템 검사 및 초기 고장부품을 수리하는 예방유지보수(제동부품 분해검수)를 통해 부품 수명을 연장하고, 신뢰성과 안정성을 향상시킨다. 시스템의 고장시간을 감소로 차량 운용을 정상화하고 장기적 관점에서 본다면 수명관리비용(Life Cycle Costs)을 감소시킨다. 제동장치의 핵심이 되는 패널은 알루미늄 소재로 제작된 것이며, 제동부품 간의 공압배관이 불필요하게 한다. 이는 패널의 수평 방향으로 분리되며, 특수 접착제로 특수온도에서 12시간동안 압착해 붙이고 후에 기밀시험을 시행하여 제작한다. 열차에 제동제어를 공압만으로 작동하는 경우를 시뮬레이션 할 수 있는 현차와 동일한 시험장비를 구비하고 있으며, 열차의 길이에 따라 순차적으로 제동이 적용되고 완해되는 시스템을 개선하기 위해 전기-공압제동 제어기술이 개발되었다.

제3장 연구개발수행 내용 및 결과

제1절 기존제품과의 호환성 및 인터페이스 검토

1. 기존제품과 개발품의 호환성 검토

가. 기존제품과 국산화 개발품 간 호환성 검토의 주안점

고속차량(KTX)용 제동시스템 및 제동장치 기술개발에 있어서 원제작사 제품과 국산화 개발품간 호환성 검토의 주안점은 다음과 같다. :

- 국산화 개발된 제동장치를 원제작사의 공압패널에 장착했을 경우 호환성
- 원제작사의 제동장치를 국산화 개발된 제동패널에 장착했을 경우 호환성
- 국산화 개발된 제동패널 조립체를 차량에 장착했을 경우 호환성
- 기초제동장치에 대해서는 국산화 개발품을 차량에 장착했을 경우 호환성

나. 호환성 검토 방법

호환성 검토를 위하여 우선 원제작사 제품을 철저히 분석하였다. 또한 국산화 개발품은 원제품과 호환성을 확보하면서 동등 이상의 성능을 갖도록 설계 제작하였다. 설계 초기부터 3D 모델링을 통하여 컴퓨터상에서 호환성을 검토 하였다.

제품 상호간의 간섭이 발생되지 않도록 국산화 개발품의 외형을 설계, 제동패널과의 기계적인 인터페이스 부분은 원제품과 동일하게 설계하여 호환성을 확보하였다.

기계적인 인터페이스 부분을 연결시켜주는 O-링, 패킹 등 고무 부품류는 치수측정, 경도측정, 재질분석을 거쳐 원제품과 동일하게 설계, O-링의 경우 시중품을, 시중에서 구할 수 없는 특수 규격의 비표준 O-링은 금형을 제작하여 동일한 제품을 확보하였다.

전장품 및 콘넥터류의 경우에는 국내 호환제품을 조사하였으나, 원제품과 호환 가능한 제품을 입수할 수 없어서 해외 수입품을 적용하거나, 원제품과 호환 가능한 형상으로 제작하기로 결정하였다.

다. 호환성 검토 결과

(1) 원제작사 제품과 개발품의 중량 비교

(가) 객차대차 제동패널

제 품 명	원제품 중량(g)	개발품 중량(g)	비 고
분배변	14,475	14,395	
중계변	7,595	7,280	
감압변	2,475	1,725	
EPB 차단변	895	585	
중계변 전자변	1,870	1,800	
역지변(大)	455	435	
테스트포인트(小)	45	45	
총 계	27,810	26,265	94.44%

총 중량은 개발품이 원제작사 제품보다 5.56% 가볍다. 감압변의 크기가 원제품보다 작고, EPB 차단변의 제작방식 변경으로 총 중량이 1,545 g 줄어들었다.

(나) 동력대차 제동패널

제 품 명	원제품 중량(g)	개발품 중량(g)	비 고
역조절전자변	3,780	4,305	
활주방지변	2,355	2,045	
BP 비상배출변	4,180	4,185	
제동절환변	935	820	
패널배출변	995	1,150	
비상감지압력스위치	855	845	
BP 압력센서	645	643	
중계변 전자변	1,870	1,800	
역지변(小)	240	235	
테스트포인트(大)	170	170	
총 계	16,025	16,198	101.08%

총 중량은 개발품이 원제작사 제품보다 1.08% 무겁다. 제작방식 변경 등으로 인하여 활주방지변, 제동절환변의 중량은 감소한 반면에 역조절전자변, 패널배출변의 중량은 증가, 개발품 총 중량은 원제품보다 173 g 증가하였다.

(다) 기관사 제동패널

제 품 명	원제품 중량(g)	개발품 중량(g)	비 고
과충기 전자변	1,870	1,800	
메인중계변	3,205	3,650	
파일럿감압변	1,670	2,150	
BP 1차감압 리셋팅 압력스위치	1,255	1,650	
BP 자동충기 압력 스위치	1,200	1,649	
중립변	1,310	1,365	
전공제동제어 압력 스위치	1,830	1,800	
총 계	12,340	14,064	113.97%

총 중량은 개발품이 원제작사 제품보다 13.97% 무겁다. 제작방식 변경 등으로 과충기 전자변, 전공제동제어 압력스위치의 중량은 약간 감소한 반면 메인중계변, 파일럿감압변, BP 1차감압 리셋팅압력스위치, BP 자동충기 압력스위치, 중립변의 중량은 증가, 개발품 총 중량은 원제품보다 1,724 g 증가하였다.

(라) 공압 보조패널

제 품 명	원제품 중량(g)	개발품 중량(g)	비 고
기관사 제동변 필터	3,335	3,400	
필터 배출콕크	250	235	
기관사 제동변 차단 콕크	1,600	1,500	
살사 차단콕크	900	855	
비상제동제어전자변	570	560	
총 계	6,655	6,550	98.42%

총 중량은 개발품이 원제작사 제품보다 1.58% 가볍다. 제작방식 및 제품 내부구조 변경 등으로 공압 보조패널의 다른 제품들의 중량은 감소한 반면 기관사 제동변 필터 중량은 증가, 개발품 총 중량은 원제품보다 105 g 감소하였다.

(마) 기타 기초제동장치 및 현가장치

제 품 명	원제품 중량(g)	개발품 중량(g)	비 고
객차활주방지장치	12,950	13,010	
복식제동표시기	3,220	3,275	
단식제동표시기	2,105	2,125	
주차제동실린더	70,000	70,000	슈 제외
레벨링밸브	800	770	
객차MR/BP차단변	5,400	5,300	
동력차MR/BP차단변	5,300	5,200	
주차제동보호밸브	920	850	
차단코크	460	520	
공기필터	280	420	
높이제한밸브	580	500	
압력스위치	1,120	1,120	
차압밸브	1,095	1,180	

(2) 제동패널의 차량 장착 호환성 검토

제동패널의 차량 장착 호환성은 기존 제품과 100% 일치하도록 차량과 패널 간의 인터페이스를 동일하게 설계하였다. 또한 실물을 제작하기 전에 3D 모델링을 통하여 국산화 개발품을 패널에 적용하더라도 이상 없음을 확인, 국산화 개발품과 원제작사의 제동부품을 서로 혼용하여 사용하더라도 간섭발생 등의 문제가 없음을 확인하였다.

2. 개발품과의 인터페이스 검토

가. 전기적 인터페이스

(1) 커넥터 및 케이블 어셈블리(Connector & Cable Assembly)

SOURIAU 838 (9핀) (8380E1E091B1NOA)	SOURIAU 838 (19핀) (8380E1C191B1NOA)
적용 : 객차대차 제동패널	적용 : 동력대차 제동패널, 기관사 제동패널, 공압 보조패널

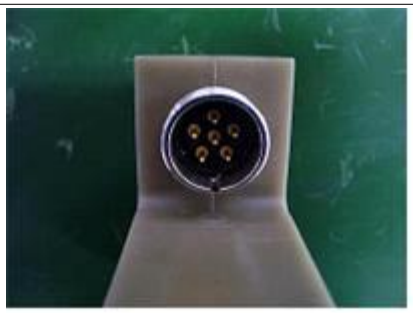
[그림 3.1.1 커넥터 및 케이블 어셈블리]

제동패널과 차량간에는 9핀과 19핀 커넥터가 사용된다. 9핀 커넥터는 객차대차 제동패널에 사용되며, 19핀 커넥터는 동력대차 제동패널, 기관사 제동패널, 공압 보조패널에 사용된다. 이 커넥터를 통하여 차량의 전기지령이 제동패널 각 장치에 전달된다. 프랑스로부터 국내에 도착하기까지 6개월 정도 소요되었다.

상기 SOURIAU 838 시리즈 커넥터를 수입할 수밖에 없었던 이유는 각 제동패널들이 이 커넥터를 통하여 차량과 연결되기 때문이다. 즉 KTX 차량에서 패널과의 인터페이스를 위하여 이 커넥터가 사용되고 있기 때문이다.

JAEGER 3핀 커넥터는 동력대차 제동패널의 BP 압력센세에 연결되는 커넥터로 국내에 호환되는 제품이 없어서 해외 수입 절차를 거쳐 확보하였다.

활주방지변에 사용되는 6핀 수(Male) 커넥터는 국내에서 구할 수 없으며, 수입을 해야만 하는 제품이다. 주문을 하더라도 납기까지 6개월 이상 걸리는 문제가 있어서 국내업체에 의뢰하여 제작하였다. 제작된 샘플은 철도공사에서 보유하고 있는 6핀 암(Female) 커넥터와 결합시험을 실시하였다. 1차 제작된 커넥터 샘플은 핀의 직경이 원제품보다 굵어서 결합이 되지 않는 시행착오를 겪었다. 재검토 후 핀 부분을 수정하여 2차 제작된 커넥터로 몰딩작업을 거쳐 활주방지변 코일 제작을 완료하였다.

JAEGER (3핀)	6핀 수(Male)
	
적용 : BP 압력센서	적용 : 활주방지변

[그림 3.1.2 6핀 콘넥터]

3핀 수(Male) (원제품)	3핀 암(Female) (원제품)
3핀 수(Male) (제작품)	3핀 암(Female) (제작품)

[그림 3.1.3 3핀 콘넥터]

동력대차 제동패널의 역조절전자변에 사용되는 3핀 커넥터는 국내에서 구입할 수 없어서 수입품으로 발주 후 납기가 6개월 이상 걸리는 문제가 있었다. 개발 일정상 기다릴 수 없어서 국내 업체를 통하여 제작하기로 결정하였다.

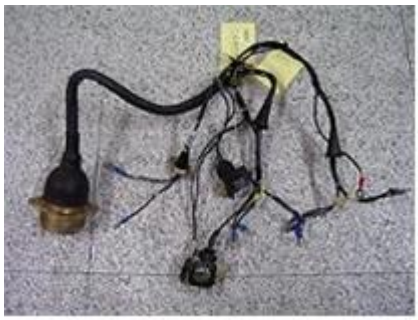
mPm [C18209N21]	mPm [B143000N2]
적용 : 비상감지압력스위치, 비상제동제어 전자변	적용 : 비상감지압력스위치

[그림 3.1.4 비상감지압력스위치]

비상감지압력스위치와 비상제동제어전자변에 사용되는 DIN(Deutsche Industrie Normen) 규격의 커넥터는 국내에서 일반적으로 쉽게 구할 수 있었다. 원제품과의 호환성은 확보하였다. 5핀 커넥터는 현가장치 압력 스위치에 사용된다. 국내에서 구입할 수가 없어서 프랑스로부터 구내에 도착하는데 6개월 정도 소요되었다.

CM 5152320 (5핀)
적용 : 현가장치 압력 스위치

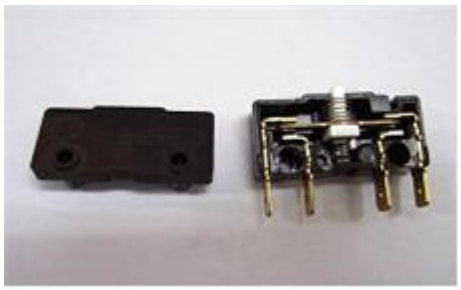
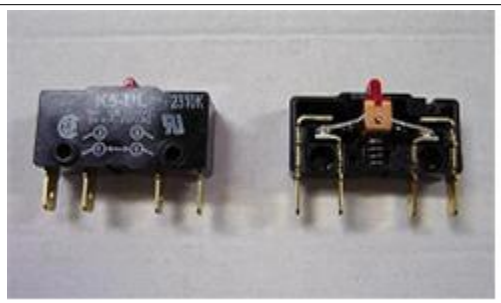
[그림 3.1.5 5핀 콘넥터]

객차대차 제동패널 케이블 조립체	동력대차 제동패널 케이블 조립체
기관사 제동패널 케이블 조립체	공압 보조패널 케이블 조립체
	

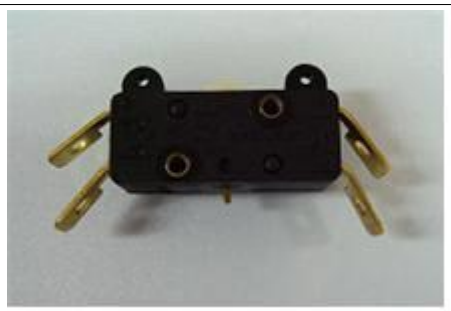
[그림 3.1.6 케이블 하네스]

각각의 제동패널에 장착되는 케이블 하네스(Harness)이다. 차량과 제동장치간, 제동장치와 타 기기간 핵심 인터페이스 부품이다. 원제작사의 제품을 구성하고 있는 케이블은 프랑스와 이태리 제품으로 이루어져 있으며, 국산화 개발품은 KTX 초창기 모델에 사용되었던 NFF 63 826 옵션의 이태리 PRYSMIAN社의 무할로겐 난연성 케이블을 사용하여 제작하였다.

(2) 마이크로스위치

BURGESS K5-UL(원제품)	BURGESS K5-UL(시중유통제품)
	
적용 : 4개 제동패널용 MV21C Type 전자변	

[그림 3.1.7 BURGESS K5-UL]

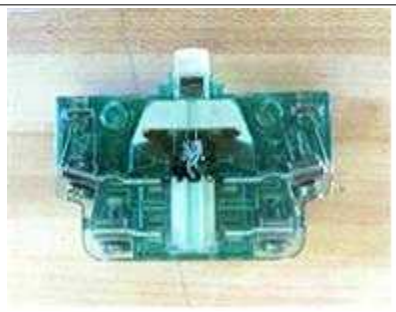
CROUZET 83106	BZ-2RD-A2
	
적용 : BP 1차감압 리셋팅 압력 스위치, 비상감지압력스위치	적용 : 전공제동제어 압력스위치

[그림 3.1.8 압력스위치]

BURGESS K5-UL은 MV21C Type 전자변에 사용되는 마이크로 스위치이다. 원제작사의 제품은 평상시는 전기접점이 위쪽으로 붙어 있어서 바깥쪽 핀 2개가 연결된 상태이고, 스위치가 눌렸을 때 안쪽 핀 2개가 연결되도록 되어있다. 그러나 본 제품은 원제작사(SAB WABCO)에 의해서 OEM방식으로 제작된 제품으로 원제작사 이외의 업체 또는 개인이 시중에서 구할 수 없는 제품이다. 또한 시중에서 유통되는 BURGESS K5-UL은 평상시는 전기접점이 아래쪽으로 붙어 있어서 안쪽 핀 2개가 연결된 상태, 스위치가 눌렸을 때 바깥쪽 핀 2개가 연결되도록 되어있다. 즉 두 제품은 외형은 거의 같지만, 내부구조는 서로 반대의 회로연결 상태인 별개의 제품

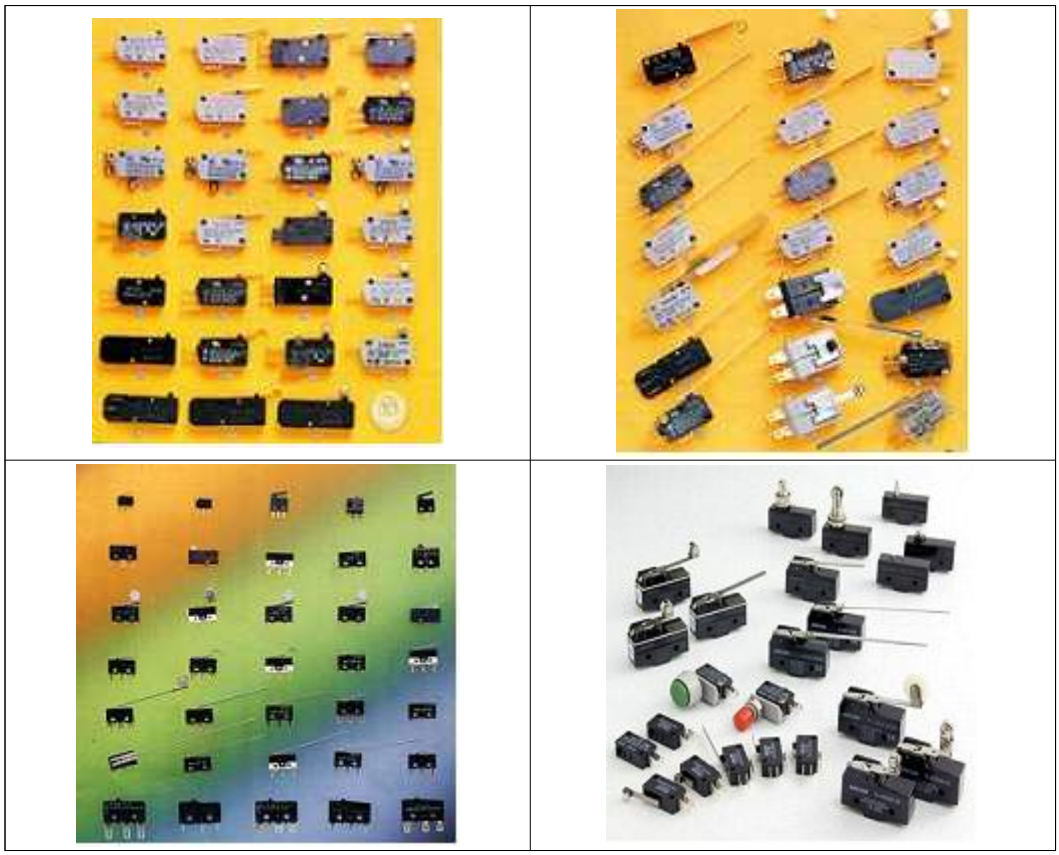
이다. 시험단계의 국산화 개발품 시제품 제작에 대해서는 시중에서 유통되는 BURGESS K5-UL을 사용하고, 회로 연결을 위한 주의표시를 명시하였다.

SCHALTBAU S800 b 20	Telemecanique XC1-ZA2
적용 : BP 비상배출변	적용 : BP 자동충기 압력스위치

SCHALTBAU S826 b

적용 : 현가장치 압력 스위치

[그림 3.1.9 마이크로 스위치]

국내에서 생산되고 유통되는 마이크로스위치는 호환 가능한 대체품을 찾는 것이 불가하여 원제품과 동일한 제품을 해외에서 수입하였다. SCHALTBAU S800 b 20과 호환되는 제품이 프랑스의 CROUZET社에서 개발되어 생산되고 있지만, SCHALTBAU 제품보다 스위치의 눌리는 힘이 더 강하고 가격도 높아서 원제품을 선택하였다. 대부분 핀이 3개이며, KTX 제동장치에 사용되는 마이크로스위치와 호환되는 제품을 찾는 것은 불가능하였다.



[그림 3.1.10 국내 유통 마이크로스위치]

(3) 센서

[그림 3.1.11 BP 압력센서]

BP 압력센서(Baumer社 제품, GEC 옵션, Max Admissible Pressure : 25 bar /Burst Pressure : 50 bar)는 철도차량용으로 일반 옵션에 비해서 높은 허용 압력값 및 파괴 압력 값을 갖는 것이 특징으로, 호환성은 확보되었다.

(4) 코일

[그림 3.1.12 코일]

KTX 제동장치 개발품에 사용되는 코일은 MV21C Type 전자변용, 역조절전자변, 활주방지변, 비상제동제어전자변으로 총 4종이다. 위와 같이 원제품을 분석하여 동일한 성능을 갖는 코일을 개발하였다. 코일 제작 시 주요 체크포인트는 코일의 권선수, 선경, 저항, 정격전류를 통하였을 때 발생되는 자속의 변화 등으로 호환성은 확보되었다.

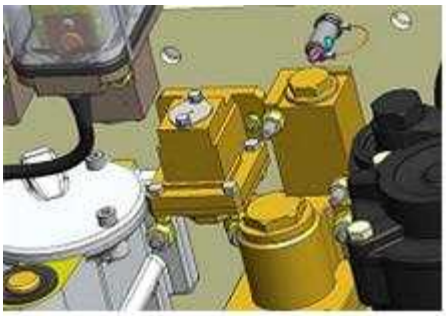
나. 기계적 인터페이스

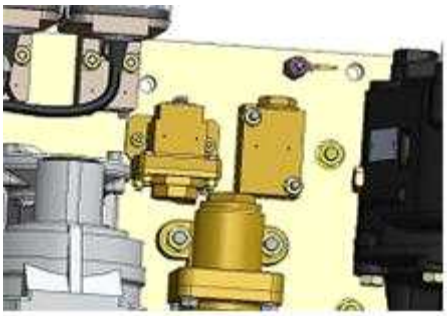
(1) 개발품의 패널 장착 호환성 인터페이스 검토

(가) 제작방법 변경에 따른 패널 장착 호환성 검토

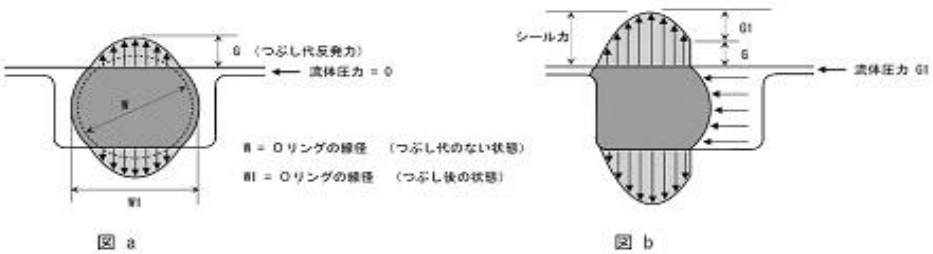
KTX 국산화개발은 원제품과 다르게 주물타입에서 기계가공하였다. 설계단계에서 충분한 검토를 거쳐 3D 모델간의 간섭 체크 등 시제품 제작 이전에 컴퓨터상에서 각 부품들의 패널장착 시뮬레이션을 통하여 신규 개발품을 제동패널에 장착했을 경우 각 장치별 간섭 발생이 없도록 하였다.

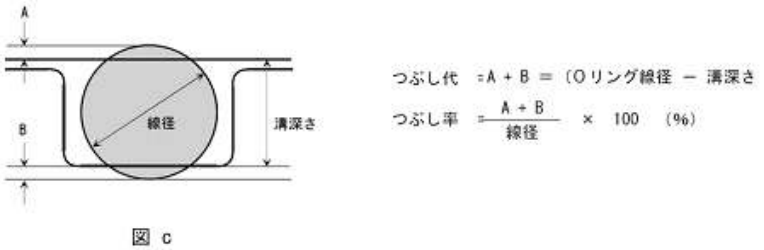
제동패널과 제동장치 사이의 인터페이스 공간에서 공기누설 방지를 위한 O-링, 패킹 등 고무부품들은 원제품과 개발품 모두 동일하게 상호 호환하여 사용 가능하도록 하였다. 즉, 가공 방법은 변경되었어도 패널에 장착하기 위한 기준이 되는 Hole, 고무부품 등 기계적인 인터페이스들은 원제작사의 제품과 호환되도록 설계하였다.





[그림 3.1.13 3D 모델 상호 간섭체크 및 패널 장착 시뮬레이션]





[그림 3.1.14 제동패널 및 제동장치 간 인터페이스부 O-링 설계]

제동패널과 제동부품간의 인터페이스부를 연결시켜주는 O-링 등 고무부품류 관련부위는 정밀한 계산과 시험을 통하여 공기의 누설이 없도록 하였다. O-링을 조립하면 압축된 것을 복원하려는 반발력(G)이 발생하여 틈새를 밀봉한다. 유체의 압력이 더해지면 그 압력에 O-링이 더욱 크게 변형하여 그 반발력이 더해져서 밀봉력이 증가(G+G1)한다.

O-링의 피로(영구변형) 등을 고려하여 장착 시 O-링의 찌그러짐을 계산하여 영구변형이 발생하지 않는 범위에서 O-링홈의 치수를 설계한다.

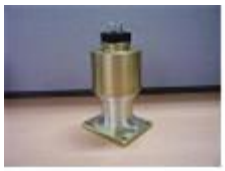
① 객차대차 제동패널

제품명	원제품 (주물 Type)	국산화 개발품 (기계가공 Type)
감압변		
EPB 차단변		
중계변 전자변		

[그림 3.1.15 객차대차 제동패널 제작방법 변경품목]

객차대차 제동패널 제작방법인 주물 Type을 기계가공 Type으로 변경한 품목은 감압변, EPB 차단변, 중계변 전자변 3종이다. 감압변의 경우에는 크기가 대폭 줄어들었고, EPB 차단변과 중계변 전자변의 경우에는 가공비용의 절감을 위하여 형상이 둥근 형태에서 각이 진 형태로 바뀌었다.

② 동력대차 제동패널

제품명	원제품 (주물 Type)	국산화 개발품 (기계가공 Type)
역조절 전자변		
제동절환변		
비상감지 압력스위치		
중계변 전자변		

[그림 3.1.16 동력대차 제동패널 제작방법 변경품목]

동력대차 제동패널 부품 중에서 원제작사의 제작방법인 주물 Type을 기계가공 Type으로 변경한 품목은 역조절전자변, 제동절환변, 비상감지압력스위치, 중계변전자변 4종이다.

③ 기관사 제동패널

기관사 제동패널 부품 중에서 원제작사의 제작방법인 주물 Type을 기계가공

Type으로 변경한 품목은 과충기전자변, 메인중계변, 파일럿감압변, BP 1차감압 리셋팅압력스위치, BP 자동충기 압력스위치 5종이다.

④ 공압 보조패널

공압 보조패널 부품 중에서 원제작사의 제작방법인 주물 Type을 기계가공 Type으로 변경한 품목은 기관사 제동변 필터, 비상제동제어전자변 2종이다.

제품명	원제품 (주물 Type)	국산화 개발품 (기계가공 Type)
과충기 전자변		
메인중계변		
파일럿 감압변		
BP 1차감압 리셋팅 압력스위치		
BP 자동충기 압력스위치		

[그림 3.1.17 기관사 제동패널 제작방법 변경품목]

제품명	원제품 (주물 Type)	국산화 개발품 (기계가공 Type)
기관사 제동변 필터		
비상제동제어 전자변		

[그림 3.1.18 공압 보조패널 제작방법 변경품목]

원제품 (분리형 필터)	국산화 개발품 (소결필터)

[그림 3.1.19 기관사 제동변 필터 비교]

기관사 제동변 필터는 커버부분이 기계가공 Type으로 변경됨에 따라 각이진 형태로 원제품보다 부피가 10% 정도 증가되었지만, 간섭발생은 없는 것으로 확인되었다. 필터의 종류는 원제작사 제품에서는 분리형 필터가 적용 되었지만, 개발품에서는 일체형 소결필터로 변경하여 개발을 추진하였다. 또한 일체형인 소결필터를 사용함으로 인해 필터 내부에서 고정용 파이프를 생략 가능하여 장치 내부의 구조가 간결하게 개선하였다.

제품명	원제품 (주물 Type)	국산화 개발품 (기계가공 Type)
공기필터		
높이제한밸브		
차단코크		

[그림 3.1.20 기초제동장치 제작방법 변경품목]

⑤ 기초제동장치

기초제동장치 부품 중에서 원제작사의 제작방법인 주물 Type을 기계가공 Type으로 변경한 품목은 공기필터, 높이제한밸브, 차단코크 3종이다.

3. 인터페이스 검토 결과

기존제품과 국산화 개발품의 호환성, 타 기기와의 인터페이스, 전기 및 기계적 인터페이스로 4가지 경우로 검토하였다.

첫째는 국산화 개발품을 원제작사의 제동패널에 적용했을 경우, 둘째는 원제작사의 제동장치를 국산화 개발된 제동패널에 적용했을 경우, 셋째는 국산화 개발된 제동패널 조립체를 차량에 장착했을 경우, 마지막으로 기초제동장치를 차량에 장착했을 경우에 대하여 기존제품과 개발품간의 교차적용이 가능하도록 설계단계에서 대비하였다.

이러한 과정들을 진행하면서 개발품과 원제품간의 중량 차이가 발생했지만, 전체적으로는 원제품과 거의 동일한 수준이었다. 또한 주물방식의 부품을 기계가공 방식으로 변경하면서 부피의 변화도 생겼다. 그렇지만 제동패널이나 차량에 장착하는데 문제가 없었고, 타 기기와의 인터페이스 관계도 원제품과 동등한 호환성을 확보하였다. 다만, 전기 부품들은 국내에서 수급하기 어려운 문제가 있었으며, 시제품 제작과정에서 주물불량 및 기계가공 오류 등 여러 가지 시행착오도 겪었었다. 몇몇 특수한 경우를 제외하고는 대부분 자체적인 기술과 노력으로 설계 및 시제품 제작 단계에서 개발품과의 인터페이스 및 호환성 확보를 위한 요구조건들을 만족시킬 수 있었다.

제2절 기본 및 상세설계

1. 설계 품목

개 발 품		설계년도
객차대차 제동패널	분배변	1차년도
	중계변	1차년도
	감압변	1차년도
	EPB차단변	1차년도
	중계변(완해)(제동)전자변	**2차년도**
	역지변(大)	1차년도
	테스트포인트(小)	**2차년도**
	패널	**2차년도**
동력대차 제동패널	역조절전자변	1차년도
	활주방지변	1차년도
	BP비상배출변	1차년도
	제동절환변	**2차년도**
	패널배출변	**2차년도**
	비상감지 압력스위치	1차년도
	BP압력센서	**2차년도**
	중계변(혼합제동)전자변	**2차년도**
	역지변(小)	1차년도
	테스트포인트(大)	**2차년도**
	패널	**2차년도**
기관사 제동패널	과충기전자변	**2차년도**
	메인중계변	1차년도
	파일럿감압변	**2차년도**
	BP리셋팅압력스위치	1차년도
	BP자동충기압력스위치	1차년도

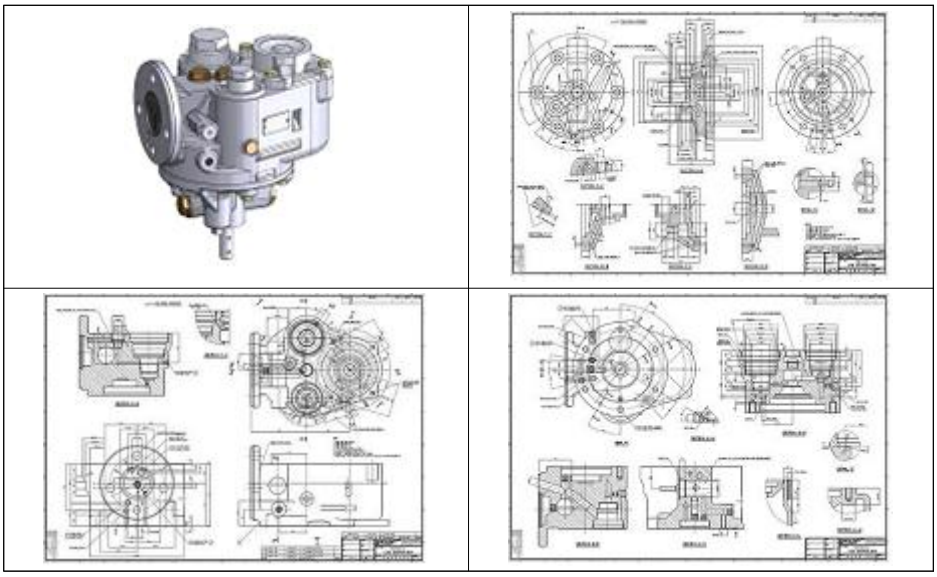
	중립변	**2차년도**
	전공제동제어압력스위치	**2차년도**
	패널	**2차년도**
공압보조패널	제동변필터	1차년도
	필터배출콕크	1차년도
	제동변차단콕크	1차년도
	살사차단(필터배출)콕크	1차년도
	비상제동전자변	1차년도
	패널	**2차년도**
객차활주방지장치		**2차년도**
복식제동표시기		설계안함(KTX호환)
제동캘리퍼		1차년도
단식제동표시기		설계안함(KTX호환)
주차제동실린더		1차년도
레벨링밸브		1차년도
차압밸브		1차년도
객차용MR/BP차단변		1차년도
동력차용MR/BP차단변		1차년도
주차제동보호밸브		1차년도
차단콕크		**2차년도**
공기필터		**2차년도**
높이제한보호밸브		**2차년도**
압력스위치		**2차년도**

2. 설계품목별 특성

가. 1차년도 설계품목

(1) 객차대차 제동패널

(가) 분배변(DS-CO-BK-01)



[그림 3.2.1 분배변 기본 및 상세설계 도면]

각각의 차량 또는 대차에는 분배변, 보조공기통(AR:Auxiliary Reservoir), 제어공기통(CR: Control Reservoir), 제동통(BC: Brake Cylinder)으로 구성되며, 분배변은 다음 관계를 만들어 준다.

- 제동체결 : AR → BC
- 제동완해 : AR → BC 차단 및 BC 배출

기준 압력이 되는 컨트롤 공기통의 압력이 분배변의 메인 장치(main device)에 항상 작용하여 제동관에 압력변화가 생기면, 이동메카니즘(mobile mechanism)이 움직여 메인 밸브의 위치가 결정되게 된다.

- BC의 최고 압력(3.8 bar)은 제공관(BP: Brake Pipe) 감압량이 1.5 bar에 달하면 얻어진다.
- 이 분배변은 BC 누설을 보충해준다.
- 제동 및 완해가 계단적으로 가능하다.
- 분배변의 민감도는 다음과 같다 :

- 6초간 0.6 bar의 BP 감압 시, 제동이 체결 되어야 한다.
- 60초간 0.4 bar의 BP 감압 시, 제동이 체결 되어서는 안 된다.

① 재 질

- 몸체 : 경합금
- 밸브, 롯드, 스프링 등 : 스테인레스 또는 카드뮴 강철
- 막판 : 합성고무로서 기름과 수분에 강함

② 장 점

- 공기전파속도가 높다
- 계단제동 및 계단완해 가능
- 연속적인 제동 : 제동관 4.85 bar에서 완전 완해
- 제동통에서의 어느 정도의 누설은 보충이 됨
- 제동의 자동성 향상
- 제동실린더의 압력을 낮게도 조정할 수 있음(0.3 bar)

③ 단 점

매우 민감(작은 오리피스, 매우 짧은 밸브 작동 거리)하기 때문에 먼지나 수분에 과민하게 반응한다.

④ 각부의 기능

㉮ 가속 장치

아주 짧은 동안에 분배변 내부의 BP가 가속실로 흡수되어 국부적 추가 감압이 이루어지고 이로 인해 열차 후부로 제동 공기전파 속도가 증가하는데 이것은 최초 감압시에만 이루어진다.

㉯ 차단 밸브

다음 관계를 형성 한다 : BP → AR 및 BP → CR

BP → CR 관계는 상부 BP가 분배변이 민감성 한계까지 떨어지기만 하면 차단된다. CR은 봉쇄되고 이로 인해 형성되는 압력은 기준압력으로 이용된다; 이 조건은 메인메카니즘에서 CR, BP 불균형을 얻기 위해 필수적인 것이다. 또한 차단 밸브는 완해시 상태에서 AR을 신속히 재충기 하기 위해 사용된다.

㉰ 배기변

배기변은 제동 완해를 위해 CR 배기용으로 사용되거나, CR과 AR를 배기시키거나 제동장치 검수 시 배기용으로 사용된다.

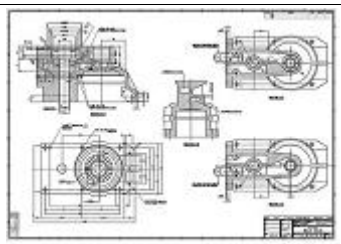
㉱ 전환 밸브

이 장치는 여객/화물 전환 차량과 견인 차량에만 설치되어 있다. 제동 및 완해 작용은 화물위치에서 보다 여객위치에서 더 빨리 이루어진다.

㉲ 압력제한 장치

보조공기가 주공기관에 의해 항상 공급되는 장치의 경우, 분배변은 반드시 압력제한 장치를 갖추어야 한다. 실린더 압력이 최고에 이르면 이 장치는 AR → BC 관계를 막기 위해 분배변의 메인 밸브를 닫는다.

(나) 중계변(R-BK-TR-01)



[그림 3.2.2 중계변 기본 및 상세설계 도면]

동력대차 제동패널의 구성품과 동일품이며, 보조공기를 제동통으로 보내는 중계역할을 한다. 중계변전자변(=BC압력조절 전자변)의 상태에 따라 다음과 같이 2단계 압력제어를 한다.

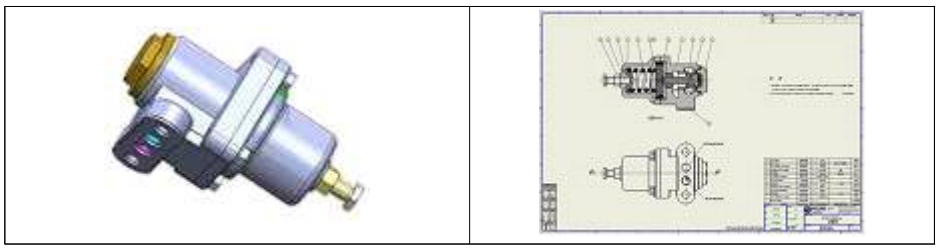
① 열차의 속도에 따른 2단계 BC 압력(동력대차 제동패널, 혼합제동) :

- V < 200 ㎞/h : 중계변 전자변 여자 → P_{BC} = 3.6 bar.max
- V ≥ 200 ㎞/h : 중계변 전자변 소자 → P_{BC} = 1.6 bar.max

② 열차의 속도에 따른 2단계 BC 압력(객차대차 제동패널, 전공제동) :

- V < 215 ㎞/h : 중계변 전자변 소자 → P_{BC} = 3.8 bar.max
- V ≥ 215 ㎞/h : 중계변 전자변 여자 → P_{BC} = 3.05 bar.max

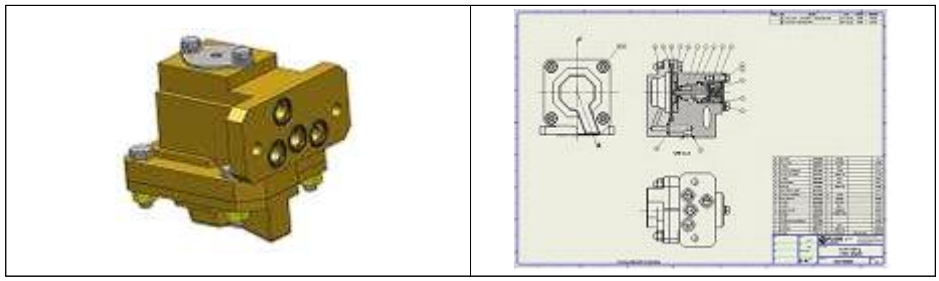
(다) 감압변(VA-SL-BK-02)



[그림 3.2.3 감압변 기본 및 상세설계 도면]

1차측의 공기압력을 균일하게 감소시켜 2차측에 공급해 주기 위한 것으로, 2차측의 일시적인 압력상승이 발생하더라도, 2차측의 과충기 압력공기는 자체 배기 동작에 의하여 즉시 배기되어 설정압력을 유지하는 기능을 한다.

(라) EPB 차단변(VA-IS-BK-01)



[그림 3.2.4 EPB 차단변 기본 및 상세설계 도면]

파일럿 압력에 의한 차단 및 연결 기능을 수행한다.

① 정상위치

㉮ 완해위치

제동전자변이 여자되어 전공제동(EPB: Electro-pneumatic Brake)차단변의 아래 칸으로 압력이 공급된다.

막판 아래에 작용하는 압력 공기로 인해서 밸브가 상승 개방된다.

따라서 '제동관 ⇒ EPB 차단변 ⇒ 제동전자변' 연락이 이루어진다.

㉯ 제동위치

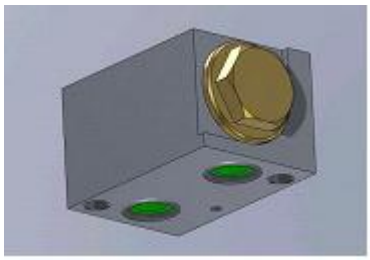
제동전자변이 무여자되어 EPB 차단변의 아래 칸이 배기된다.

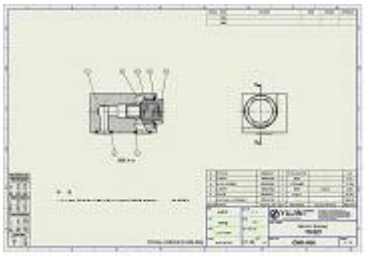
막판 아래에 작용하는 압력이 배출되나 EPB 차단변은 제동관이 1.2 bar이하로 떨어질 때 까지는 개방 유지한다. 따라서 여전히 '제동관 ⇒ EPB 차단변 ⇒ 제동전자변' 연락이 유지된다.

② 차단위치

제동관의 압력이 1.2 bar 이하로 감소되면 EPB 차단변의 막판이 내려오고, 밸브가 닫혀 '제동관 ⇒ EPB 차단변 ⇒ 제동전자변' 사이의 연락이 차단된다. 따라서 제동전자변의 배기공으로 제동관 배출이 차단된다. EPB 차단변이 제동관을 차단하고 있으므로 제동전자변이 다시 여자되지 않는 한 제동전자변을 통한 EPB 차단변의 아래 칸으로 충기는 이루어지지 않는다. 제동전자변을 통한 대기로의 제동관 배출은 더이상 일어나지 않는다.

(마) 역지변(大)(VA-CK-AUX-02)





[그림 3.2.5 역지변 기본 및 상세설계 도면]

동력대차 제동패널의 역지밸브(VA-CK-SY-01), 공압 보조패널의 살사 감압밸브 체크밸브(VA-CK-SA-01)와 동일품이다. 1차측 압력을 2차측으로 연결하며, 1차측 압력이 2차측 보다 낮을 경우에 2차측압력을 차단한다.

(2) 동력대차 제동패널

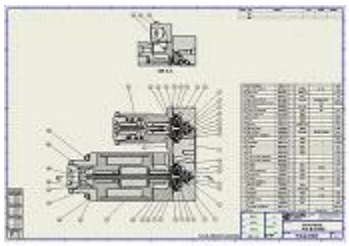
(가) 역조절전자변(GVI-CO-BK-01)

역조절전자변은 분배변을 대신하는 것으로 전류에 의해 제어되며, 파일럿 압력을 공급하여 중계변으로 보낸다.

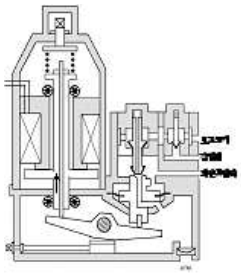
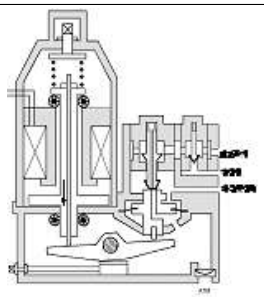
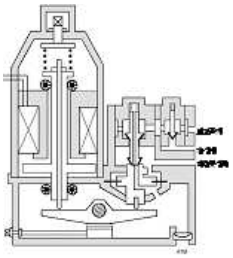
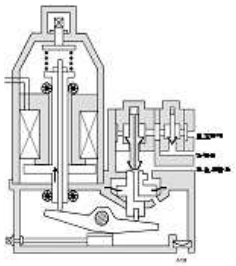
- I↗ ⇒ 파일럿압력↘ ⇒ P_{PI}↘ (220 mA, P_{PI}=0 bar)

▪ I↘ ⇒ 파일럿압력↗ ⇒ P_{PI}↗ (0~40 mA, P_{PI}=3.8 bar max)

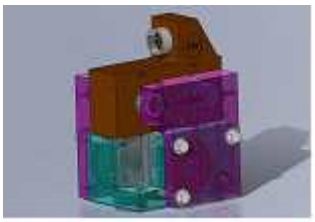
전자석 코일, 조정스크류, 레버, 중공롯드, 막판, 더블밸브(AR ⇒ BC 및 BC ⇒ 대기), AR 공급 체크밸브, 스프링으로 구성되며 작용은 다음과 같다.

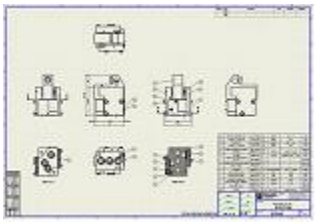


[그림 3.2.6 역조절전자변 기본 및 상세설계 도면]

 <운전위치> ▪ I = 최대(220mA)로 여자 ▪ 파일럿압력은 우측 아래 중공로드를 통해서 대기와 연락	 <제동위치> ▪ I 감소 ▪ AR로부터 파일럿압력 공급
 <균형위치> 파일럿압력이 상승하면 우측아래 막판에도 압력이 증가하여 좌,우 양측의 힘이 같아짐: 우측의 중공로드가 아래로 누르는 힘 = 좌측의 로드가 아래로 누르는 힘 레버는 수평으로 되고 밸브는 닫혀서 AR⇒ 파일럿압력 공급이 차단됨.	 <완해위치> ▪ I 증가 ▪ 좌측의 로드 조립체가 위로 올라가고, 우측아래 막판에 작용하던 압력이 중공로드를 아래로 움직여 파일럿압력을 대기로 배출

(나) 활주방지변(VA-AE-PC-01)





[그림 3.2.7 활주방지변 기본 및 상세설계 도면]

활주가 발생하면 BC 공급을 차단하고, BC 압력의 일부를 배출한다. 전기 및 공압회로에 각각 시간 상수가 주어져 차륜활주방지장치는 필요 시 공압 회로에 1차적으로 작용하고, 추가적으로 전기회로에도 작용한다. 아날로그 방식으로 계산된 속도와 감속 측정치로부터, 그리고 재구성된 열차의 기준속도(Vref)의 함수로서, 차륜활주방지장치는 CET(전체 힘 셋팅 포인트)를 수정 하게끔 한다. CET 수정만으로는 활주현상을 방지하기에 충분하지 못하거나 신속하지 못할 경우 활주방지장치는 배출전자변에 직접 작용한다. 동력차당 대차가 2대씩 있다. 이들 대차에는 모터블록이라는 장치가 있어 동력대차와 관련된 모든 작용을 처리한다.

각 모터블록이 포함하는 것으로는 ;

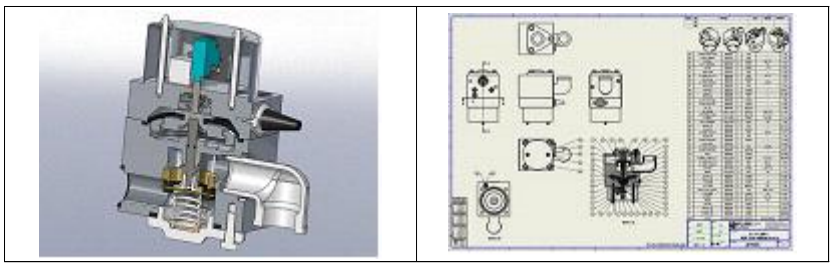
- 차륜활주방지장치(AE) :
- 차축 비회전방지 기능(NRE) : 인접대차의 차축을 감시

활주방지장치는 자기대차 뿐만 아니라 인접대차까지 감시하기위해 네트워크가 존재한다. 제동력 교정의 크기는 제동력을 감소 또는 증가시키기 위해서 전기적 채널 또는 공압채널에 작용될 수 있다 :

- 전기적 채널 : 발전제동에 적용되는 셋팅포인트를 교정한다.
- 공압적 채널 : 모터블록의 혼합제동 제어에 의한 역조절전자변을 제어 하거나, 또는 제동 실린더의 압력(P_{CF})에 직접 가감하는 활주방지 전자변에 직접 작용한다.

제동력의 계산, 교정 및 제동장치에 작용하는 성능은 차축에 활주가 시작되면 활주의 정도가 허용 범위 이내로 유지할 수 있을 만큼 현실화 되었다. 다시 말해서 활주가 일어나면 언제든지 제어가 가능하다.

(다) BP 비상배출변(VA-EM-BP-01)



[그림 3.2.8 BP 비상배출변 기본 및 상세설계 도면]

공압보조패널의 비상정차 배출변(VA-EM-01/02)과 동일품이다.

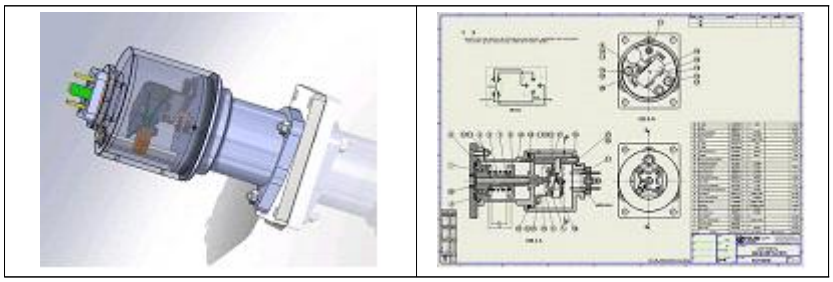
VACMA밸브(VA-EM-01)

ΔP_{BP}1.5 bar(즉, P_{BP} 5 ↘ 3.5 bar) : 2.5초 이내에 이루어져야 한다.

비상제어전자변(MV-EM-01)

- 정상 운전 시 ON : VA-EM-01을 통한 BP-대기 차단
- VACMA 작동 시 OFF : VA-EM-01을 통한 BP 비상배출

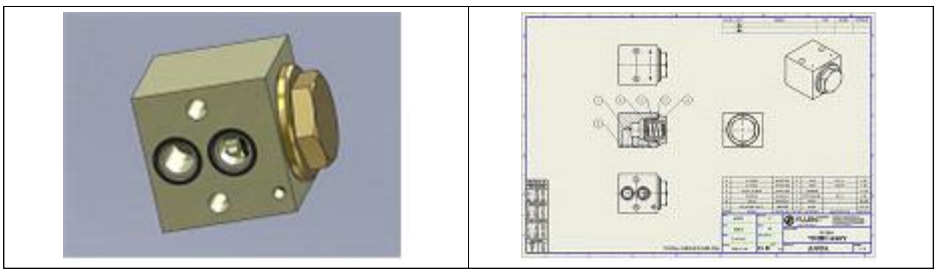
(라) 비상감지압력스위치(PS-EM-BK-01)



[그림 3.2.9 비상감지압력스위치 기본 및 상세설계 도면]

비상감지압력 스위치는 BP 감압량이 2.5 bar 이상 시 이를 감지하여 제동력을 최대로 한다. (PN19, B15G, B15H, B15I : PS-EM-BK-01의 접점에 의한 L_MAURG 정보가 '0' 에서 '1'로 되어 제동력이 50 kN으로 됨)

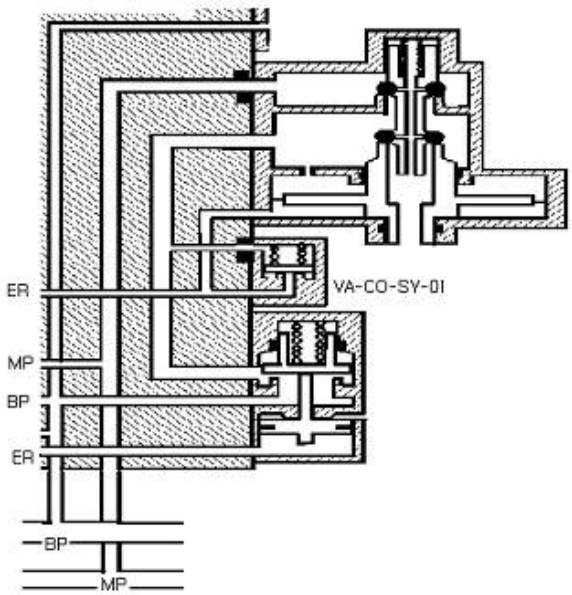
(마) 역지변(小)(VA-CK-BP-01)

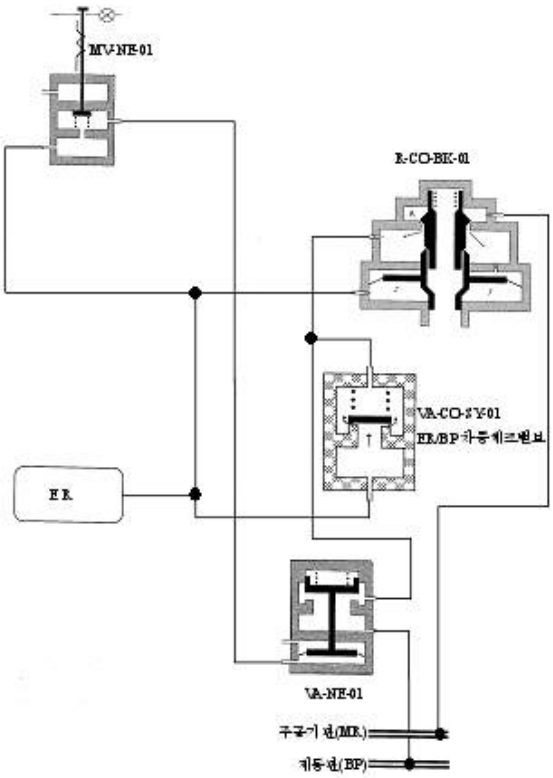


[그림 3.2.10 역지변 기본 및 상세설계 도면]

기관사 제동패널의 ER/BP 차등체크밸브(VA-CO-SY-01)와 동일품이다. 운전중 BP의 많은 누설이 생기면, 체크밸브가 개방되어 ER 압력도 중립변을 통해서 제동관으로 빠져나간다. 동시에 1차감압/리셋팅압력스위치(PS-PE-RS-01)의 접점이 아래로 내려와 제동제어전자변(MV-BR-GR-01)의 전원이 차단된다.

따라서 기관사가 제동조작을 하지 않더라도 열차는 "운전위치"에서 "제동위치"로 자동적으로 전환되는 것이다. 이렇게 하는 이유는 누설 제동관에 대한 조치가 이루어졌을 때(제동관 호스교환) 열차가 뜻하지 않게 완해 되는 것을 방지하기 위함이다. 스프링측에는 BP압력이, 반대측에는 ER압력이 작용한다. 스프링은 압력차이가 다음과 같을 때 열리도록 설정되어 있다.





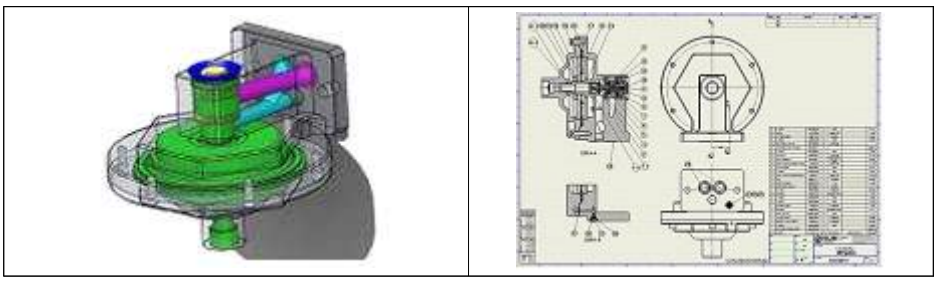
<VA-CO-SY-01 와 주변장치>

(3) 기관사 제동패널

(가) 메인중계변(R-CO-BK-01)

균형공기통의 압력에 따라 제동관 압력변화를 제어한다.

- $P_{ER} > P_{BP}$: 밸브 A가 열려 BP로 공급이 이루어진다.
- $P_{ER} = P_{BP}$: 밸브 A가 닫혀 BP의 공급이 중단된다.
- $P_{ER} < P_{BP}$: 밸브 E가 열려 BP가 중공로드를 통해 대기로 배기된다.

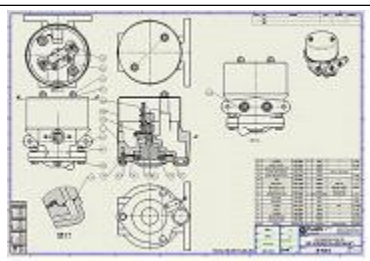


[그림 3.2.11 메인중계변 기본 및 상세설계 도면]

(나) BP 1차감압 리셋팅압력스위치(PS-PE-RS-01)

압력스위치는 ER압력과 파일럿감압변의 압력을 비교하여 2개의 전기회로를 공급 또는 차단한다. 즉 위에는 파일럿감압변으로부터 감압된 공기가 아래에는 ER로부터 공기가 공급되어 막판은 ER의 압력이 4.8 bar 이상이 되면 위로 올라간다.

- 운전 위치에서 완해제어전자변(MV-BR-GR-01) 공급
- 운전 위치에서 최소제동위치(P_{BP}=4.5 bar)로 확실한 전환 기능 : 1차감압
- 완해종료지점(P_{BP}=4.8 bar)에서 운전위치로 확실한 자동복귀 기능 : 리셋팅 완해후 ER의 압력이 4.8 bar에 도달하면 PS-PE-RS-01의 위쪽 접점은 완해제어전자변을 여자 시킨다. 따라서 ER의 압력이 자동적으로 5 bar로 복귀되며, 그 압력을 유지하게 된다. PS-PE-RS-01의 접점은 리셋팅정보를 MPU로 전송한다.



[그림 3.2.12 BP 리셋팅 압력스위치 기본 및 상세설계 도면]

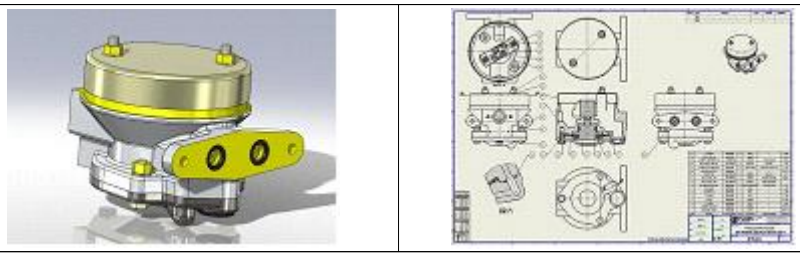
(다) BP 자동충기압력스위치(PS-PE-MI-01)

PS-PE-MI-01의 윗실에는 파일롯감압변(VA-SL-PN-01)로부터 5 bar가 공급되고, 아랫실에는 ER공기통으로 부터 압력이 공급되어 막판은 ER의 압력이3 bar 이상이 되면 위로 올라간다.

- 제동관 압력을 최소 3 bar로 유지 시킨다.

※ ΔP_{BP} = 1.5 bar에서 이미 전제동이 체결, 그 이상의 BP감압은 무효감압

- 제동작용 후 압력 안정화를 취하면 제동제어전자변(MV-BN-GR-01)은 여자되고, 완해제어전자변(MV-BN-GR-01)은 소자 된다.

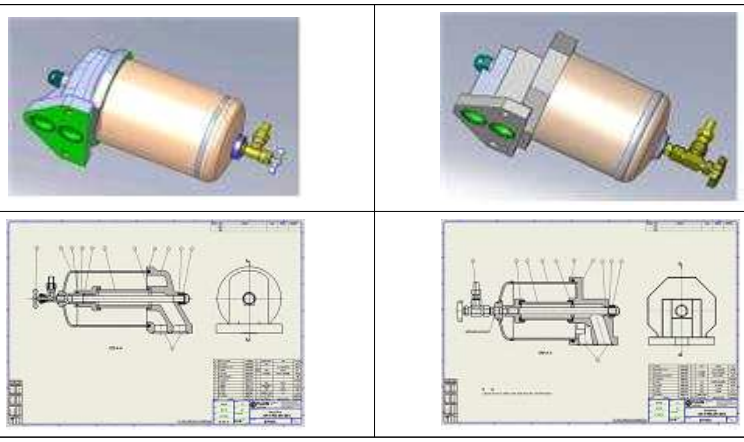


[그림 3.2.13 BP 자동충기 압력스위치 기본 및 상세설계 도면]

(4) 공압 보조패널

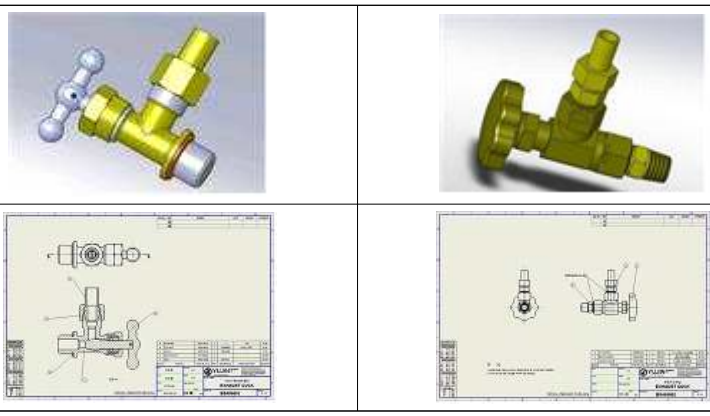
(가) 기관사 제동변 필터(FL-CO-BK-01)

① 여과정도 : 55 μm ② 유량 : 150 Nm^3/h



[그림 3.2.14 기관사 제동변 필터 기본 및 상세설계 도면]

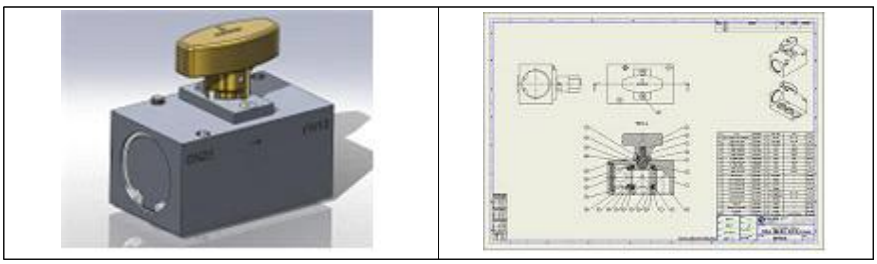
(나) 필터 배출콕크(CC-DR-BK-02)



[그림 3.2.15 필터 배출콕크 기본 및 상세설계 도면]

(다) 기관사 제동변 차단콕크(CC-IS-BK-03)

① 차단시 제동제어 불가 (완해 불가)

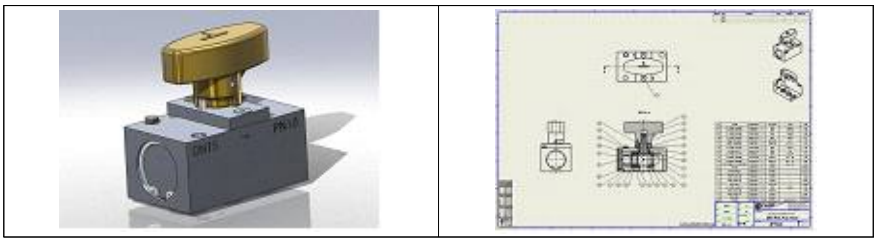


[그림 3.2.16 기관사 제동변 차단 콕크 기본 및 상세설계 도면]

(라) 살사차단(CC-IS-SA-01), 필터청소(CC-DR-BK-01) 콕크

① 정상시 : 차단

② 필터(FL-CO-BK-01) 청소시 : 콕크를 개방하여 정상공급 방향의 역방향으로 공기통로를 형성함으로서 필터가 청소된다.



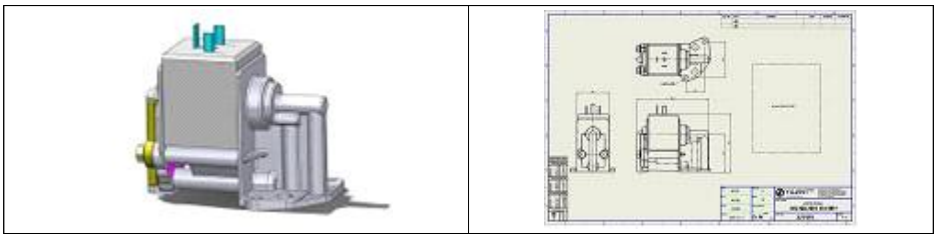
[그림 3.2.17 살사차단, 필터청소 콕크 기본 및 상세설계 도면]

(마) 비상제동제어전자변(MV-EM-01/02)

정상운전시 ON : VA-EM-01/02를 통한 BP-대기 차단

VACMA 작동시 OFF : VA-EM-01/02를 통한 BP 비상배출

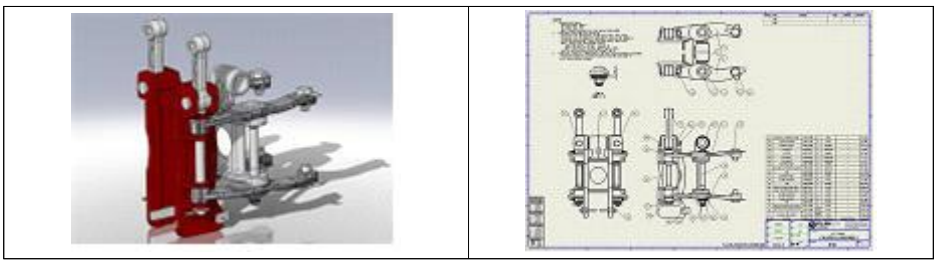
정격전압 DC72V로 동작하는 NO-Type 전자변이다.



[그림 3.2.18 비상제동 전자변 기본 및 상세설계 도면]

(5) 기초제동 및 현가장치

(가) 제동캘리퍼



[그림 3.2.19 제동캘리퍼 기본 및 상세설계 도면]

KTX는 1축에 4개의 디스크를 사용하고 있으며, KTX산천의 경우 1축에 3개의 디스크를 사용하고 있다.

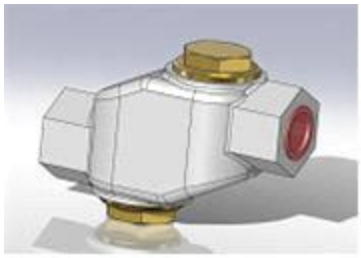
차축용 제동디스크의 종류는 다음과 같다 :

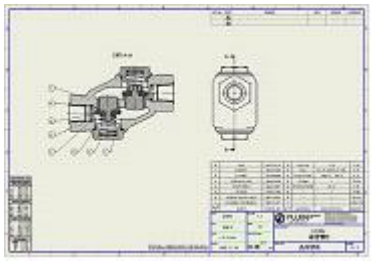
- 냉각형 디스크(Ventilated Disk) : 디스크 내부에 방열핀을 설치하여 냉각 성능을 향상시킨 디스크로, 제조공정은 주물법(Casting)이다. 소재는 주물(Casting Iron)과 주강(Steel Casting)이 있다.
- 단조형 디스크(Forged Disk) : 디스크의 열적 강도를 증가시키기 위하여 단조법으로 제작하는 디스크이다. 소재는 합금강(Alloyed Steel)을 사용한다.

(나) 차압밸브(VL-DF-SU)

이 밸브는 한쪽 에어백에서 압력이 감소할 경우, 두 에어백을 연결시켜 두 에어백의 압력이 같아지도록 하여 차량의 균형을 유지시킨다. 에어백에 구멍 등으로 비정상적인 감압이 발생할 경우 차체가 기울어지는 것을 방지하기 위하여 압력차가 1.25 bar가 되는 즉시 두 에어백이 연락되고, 차체는 제한스톱퍼 위로

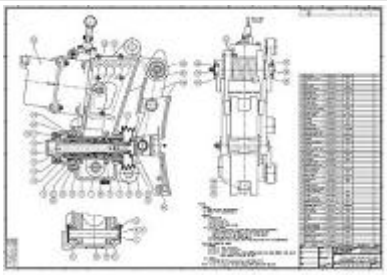
내려와 앉는다.





[그림 3.2.20 차압밸브 기본 및 상세설계 도면]

(다) 주차제동실린더(CY-BK-PK-01)



[그림 3.2.21 주차제동실린더 기본 및 상세설계 도면]

영차상태의 열차를 2.5 ‰ 구배에서 정지유지 장기간 유치시 수용제동기의 역할을 대신(수용제동기에 비해 경량, 간결)한다. 동력대차 제동블록에 내장(6대차 24개)되어 있다. 주차제동은 자동이기 때문에 '체결' 이나 '완해' 때 다른 부가장치는 없다. 주차제동실린더를 수동으로 완해할 때에는 풀롯드 당김고리를 사용한다. 스프링에 의한 주차부 제동실린더의 행정은 짧기 때문에 충분한 힘을 발휘 할 수 없다. 따라서 주차제동은 상용제동이 체결된 후에 힘을 발휘할 수 있다.

① 주차제동 체결

열차가 유치되어 있을 때 제동관(BP)의 공기가 배출되어(기관사 키 스위치 SB-01 을 잠금에 따라) 상용부 실린더는 전제동이 체결된다. 하지만 이때 보조공기통(AR)은 압력을 유지한다. 장기간 유치를 하게 되면 상용부 제동 실린더 내의 압력이 자연적 누설에 의해 점차 감소되고, 보조공기 역시 감소된다. '상용제동력'이 약해짐에 따라, 그리고 AR의 압력이 3 bar 이하로 떨어지면, 스프링에 의한 '주차 제동력'으로 대체된다. 따라서 차륜에 작용하는 제동력은 대체로 일정하게 유지된다.

Note : 주차제동 작동시험
- ·CC-IS-BK-01로 동력대차제동패널 차단 ;
  BP = 0 bar가 되고 BC.max가 됨
- ·단차시험기의 오리피스를 통해서 AR을 서서히 배기
  (AR의 기밀 허용치 : 2 bar/2분 이하)
- ·차륜-제륜자 제동유지 확인
  ※ AR을 신속히 배기 시키면 해당 실린더는 제동이 완해

② 주차제동 완해

주차제동은 다음과 같이 완해됨 :

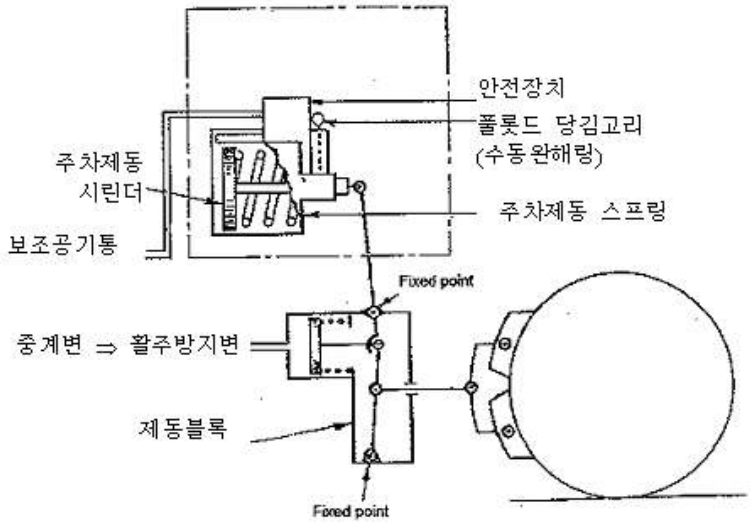
☞ 열차가 다시 기동되어 AR에 압력이 채워지면 자동으로 완해된다 :
즉, AR의 압력이 제동실린더의 최대압력(3.0 bar)보다 0.4 bar 높게 되는 즉시 스프링은 압축되어 주차제동이 완해 된다.
($P_{AR} > P_{BC}.max + 0.4$ bar)

☞ 각 주차제동실린더에 설치된 풀롯드 당김고리를 당겨 수동으로 완해할 수 있다.
중요사항 : 수동으로 주차제동을 완해(local manual release) 시키게 되면, 열차를 다시 기동시키기 전에는 열차의 제동능력이 상실된다. 따라서 이런 상태의 열차는 주의가 필요하다.

③ 주차제동의 불시 제동체결로부터 보호

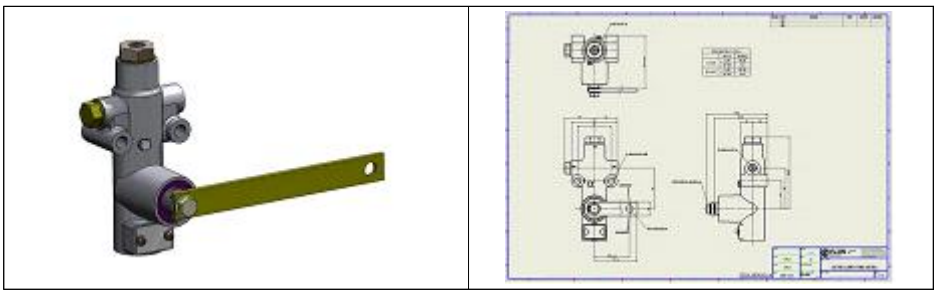
AR의 압력이 갑자기 배출되는 경우(예: 차체-대차간 AR호스 파열), 상용부 실린더에서 제동이 체결되지 않는 한 주차제동실린더는 아무런 힘을 발생시키지 않는다. 즉 이에 대한 특별한 조항이 없다면 상용제동이 체결된 상태에서 AR의 압력이 갑자기 배출된 경우 상용제동력에 주차제동력이 부가되게

된다. 이렇게 되면 관련 차축에 점착력의 차원에서 과도한 스트레스가 가해져서 활주방지장치 차원에서도 제어가 곤란해진다. 이런 이유 때문에 주차제동실린더에는 AR의 압력이 급작스럽게 배출되는 경우에 주차제동이 체결되는 것을 방지하기 위한 안전장치가 필요하다.



[그림 3.2.22 주차제동의 개요]

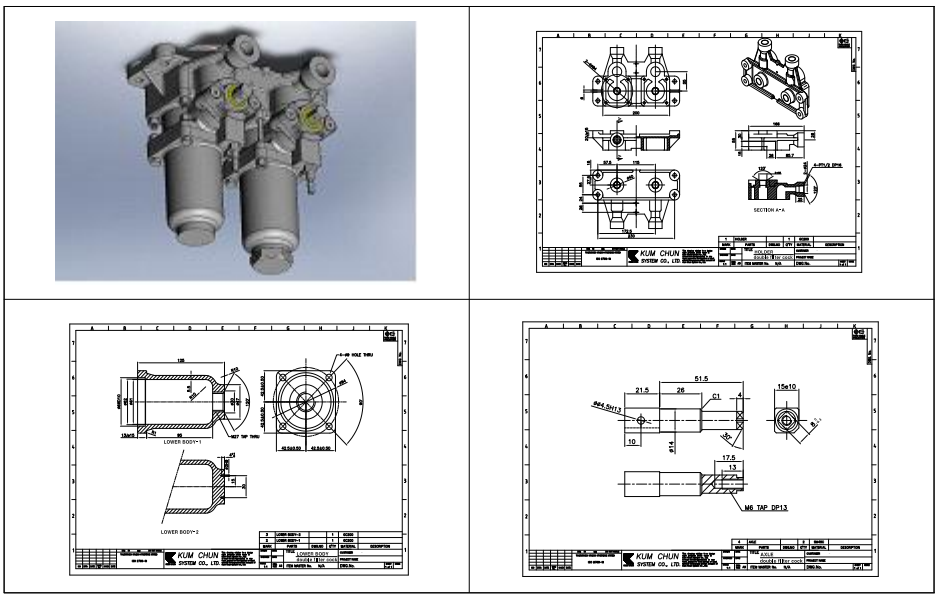
(라) 레벨링밸브(VL-LE-SU)



[그림 3.2.23 레벨링밸브 기본 및 상세설계 도면]

이 밸브는 하중에 따라 위치가 변하는 로드와 레버에 의해 에어백으로 충기를 하거나 에어백으로부터 배출을 시켜 차체의 높이를 유지한다. 또한 차체 상하 진동 때문에 계속적으로 충기와 배기작용이 이루어지는 것을 피하기 위한 중립 범위가 있다.

(마) MR/BP 차단변(CC-IS-BK-02)



[그림 3.2.24 객차대차 MB/BP 차단변 기본 및 상세설계 도면]

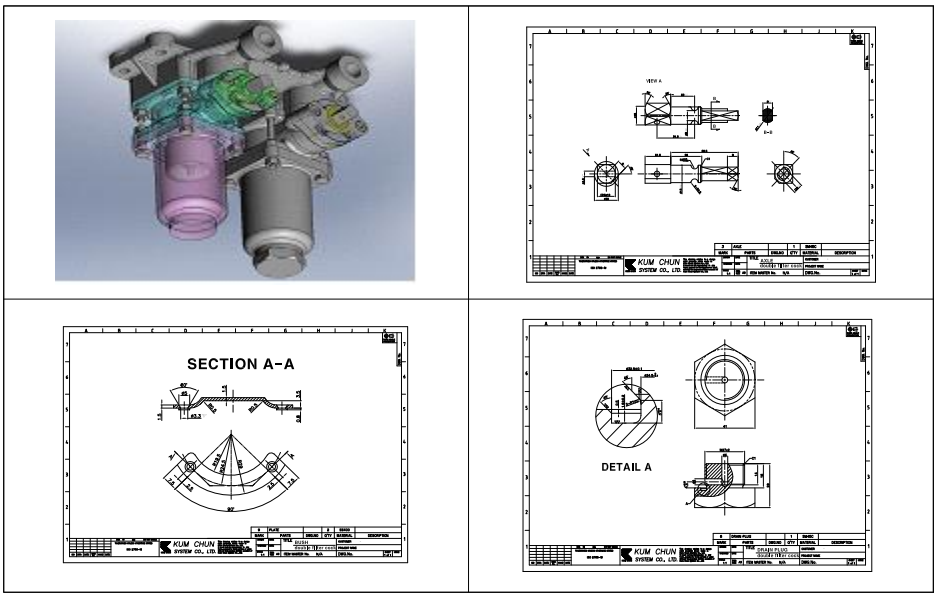
동력차용 MR/BP 차단변(CC-IS-BK-02)과 기능과 형상이 유사하나 압력테스트 포인트가 있는 점이다. 차량 장착 및 급기구 및 배기구 필터링 목적의 홀더와 레버의 위치에 따라 MR/BP를 공급 및 차단하는 UPPER BODY, 다이나믹 필터, 먼지 집진을 위한 LOWER BODY로 구성된다. 홀더 및 UPPER BODY는 각각 1개로 구성되며, 홀더에는 MR과 BP의 급기구가 각각 1개씩 있으며 UPPER BODY는 MR 및 BP의 배기구가 각각 1개씩 있다.

UPPER BODY에는 레버가 장착되어 MR/BP를 차단할 수 있게 하는 ISOLATING AXLE가 MR 측과 BP 측 각각 1개로 구성되며 개의 레버에 의해 동시 동작하는 구조이다. 필터는 금속재질의 다이나믹 필터로써 MR/BP 각 1개씩 취부된다. 홀더의 급기구로 공급된 공기는 차단변 내부로 인입되며 LOWER BODY내부 벽면을 따라 하강한 뒤 다이나믹 필터에서 여과된 뒤 UPPER BODY의 배기구를 통해 배출되는 구조이다.

Service(정상)위치와 Isolation(차단)위치가 있다. 차단위치에서는 마이크컨넥터에 의해 객차컴퓨터에 차단을 통보하는 기능을 갖는데, 본 밸브에는 그 기능이 포함되어 있지 않다. 차단위치에서는 BP를 공급 차단하고, 내부공기를 배기하는

기능을 갖는다. MR의 차단밸브도 마찬가지 기능을 갖는다.

(바) MR/BP차단변(CC-IS-BK-01)



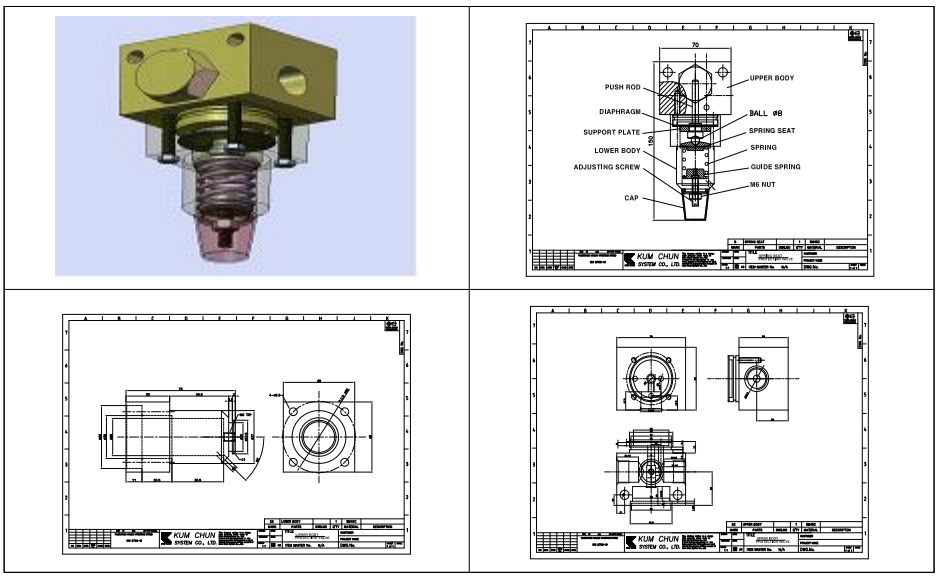
[그림 3.2.25 동력대차 MR/BP 차단변 기본 및 상세설계 도면]

동력차용 MR/BP 차단변(CC-IS-BK-02)와 기능과 형상이 유사하나 압력 테스트포인트가 없다. 동력대차제동패널의 MR와 BP를 동시에 차단하는 기능을 가진다. 배기 구멍을 갖는 두 개의 차단밸브뭉치 로서 MRP 밸브와 BP밸브는 각각 MR 와 BP를 차단하는 기능을 가지며 내부에는 다이나믹 필터를 내장하고 있다.

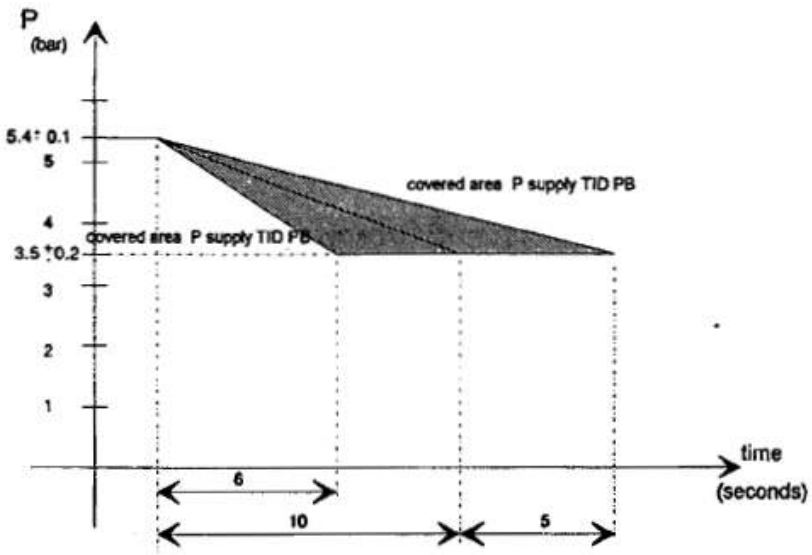
차량 장착 및 급기구 및 배기구 필터링 목적의 홀더와 레버의 위치에 따라 MR/BP를 공급 및 차단하는 UPPER BODY, 다이나믹 필터, 먼지 집진을 위한 LOWER BODY로 구성된다. UPPER BODY에는 레버가 장착되어 MR/BP를 차단할 수 있게 하는 ISOLATING AXLE가 MR 측과 BP 측 각각 1개로 구성되며 레버에 의해 동시 동작하는 구조이다.

필터는 금속재질의 다이나믹 필터로써 MR/BP 각 1개씩 취부된다. HOLDER의 급기구로 공급된 공기는 차단변 내부로 인입되며, LOWER BODY내부 벽면을 따라 하강한 뒤 다이나믹 필터에서 여과된 뒤 UPPER BODY의 배기구를 통해 배출되는 구조이다.

(사) 주차제동 보호밸브(VA-BK-PK-01)



[그림 3.2.26 BP 리셋팅 압력스위치 기본 및 상세설계 도면]

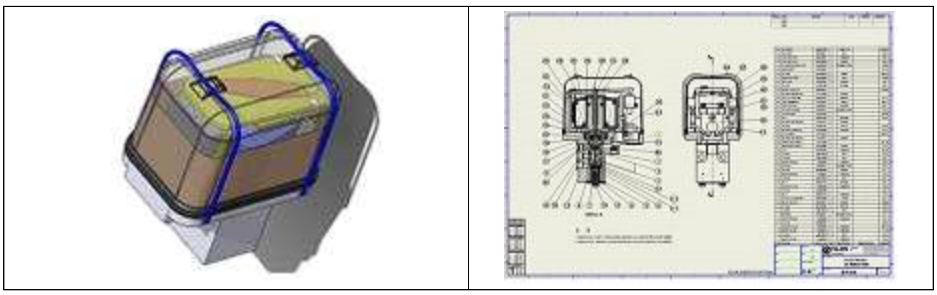


급속 배기 시 주차제동의 체결을 방지해준다. 모든 체결 볼트와 너트는 M4 이상의 스테인레스 강으로 한다. 제동패널과 제동브레이크실린더의 연결부는 G1/2H 로 한다. 트리포드 불균형감지기 + 주차제동실린더 + 배관용적 = 8리터일 때, Ppb≤3.5±0.2 bar 이면 P_tid_pb = P_supply_pb, Ppb>3.5±0.2 bar 이면 P_supply_pb 는 증가하고, P_tid_pb = P_supply_pb 이면 P_supply_pb 는 감소한다.

나. 2차년도 설계품목

(1) 객차대차 제동패널

(가) 중계변 전자변(MV-PE-BL-02), 완해 전자변(MV-BR-01), 제동 전자변(MV-BN-01)



[그림 3.2.27 중계변 전자변 기본 및 상세설계 도면]

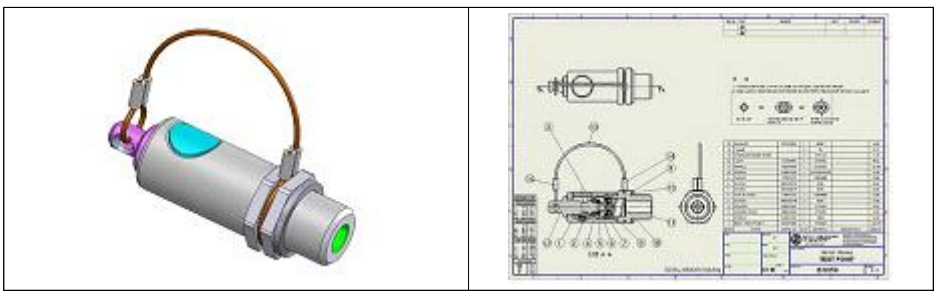
중계변, 완해, 제동전자변 모두 동일기능의 전자변이다. 다만, 중계변전자변은 전기접점이 추가된 타입이다.

[표 3.2.1 단계별 전자변의 전기적 상태 요약표(객차 전공 제동)]

제동변의 위치		제동 전자변	중계변 전자변	완해 전자변
1) M	기동 (P_{RE} < 1.5 bar)	1	1	0
2) M	기동 (P_{RE} < 3 bar)	1	1	0
3) D	계단 완해 (3 bar < P_{RE} < 4.8 bar)	1	1	1
4) M	계단 완해 후 안정화 (P_{RE} < 4.8 bar)	1	1	1
5) M또는 D	리셋팅 (P_{RE} = 4.8 bar)	1	1	1
6) M	운전 (P_{BP} = P_{RE} = 5 bar)	1	1	0
7) M	과충기	1	1	0
8) M	과충기 해제	1	1	0
9) S	제동 (1차 감압)	0	0	0
10) M	1차 감압 후 안정화	1	1	0
11) S	계단 제동	0	0	0
12) M	계단 제동 후 안정화	1	1	0
13) N	중립 (P_{BP} = 5 bar)	1	1	0
14) SN	중립에서 제동 (P_{BP} < 5 bar)	0	0	0
15) N	중립에서 제동 후 안정화	1	1	0

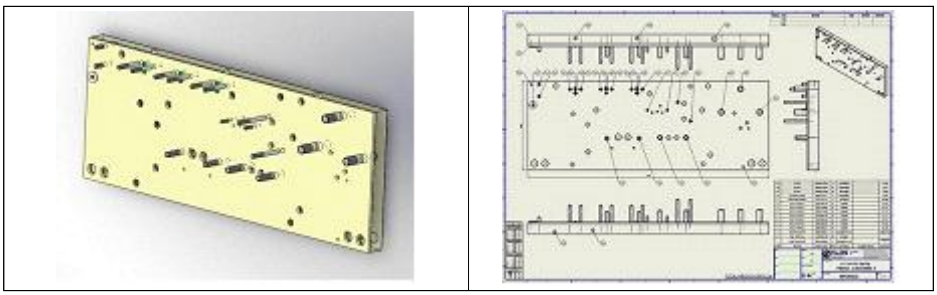
16) M+비상변	비상(시작) (P_{BP} < 5 bar)	0	0	0
17) M+비상변	비상(종료) (P_{BP} = P_{RE} = 0 bar)	0	0	0
18)	백업(BACK-UP) : 예비제동변	1	1	0
19)	백업에서 중립	1	1	0
20)	백업, 중립에서 비상	0	0	0
21)	스위치박스(SB-01) 없이 백업	1	1	0
22)	1인 제동 시험	1	1	0

(나) 테스트포인트(小)(TP-PE-CO-01)



[그림 3.2.28 테스트포인트(小) 기본 및 상세설계 도면]

(다) 패널(PN-BK-TR-01)

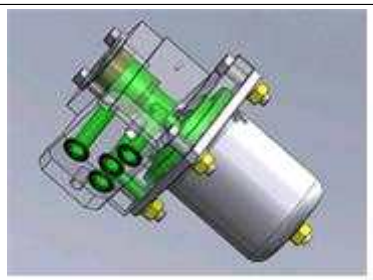
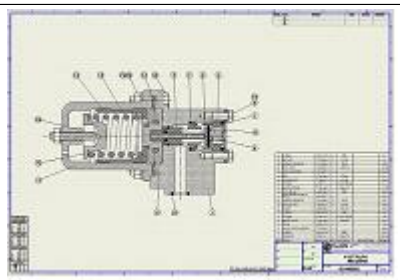


[그림 3.2.29 객차대차 제동패널 기본 및 상세설계 도면]

패널의 기계적 특성은, 내부통로에 의한 집적배관, 접착제 결합 공법(panel of countersunk / glued type integrating pipes in the shape of internal ducts), 모든 부품에는 후랜지를 설치, 공기통을 제외한 모든 부품은 패널의 앞면에 설치, 압력측정 포인트 설치 : BP, AR, BC, CR, 파일럿압력($P_{분배변}$)

(2) 동력대차 제동패널

(가) 제동절환변(VA-SW-BK-01)

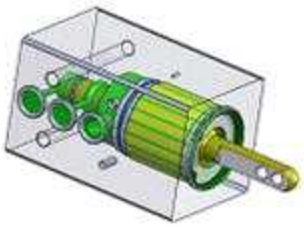
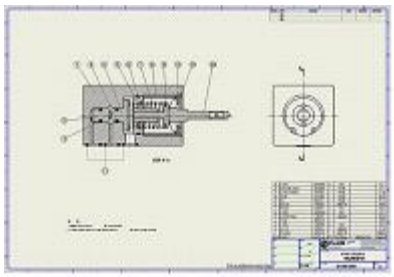
[그림 3.2.30 제동절환변 기본 및 상세설계 도면]

① 스프링 : 3 bar 셋팅

② 제어실 압력이 3 bar 이상이 되면 역조절전자변과 중계변의 파일롯실 과의 연락을 차단시키고 중계변의 파일롯실은 대기로 셋팅된다.

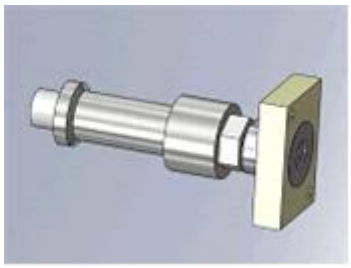
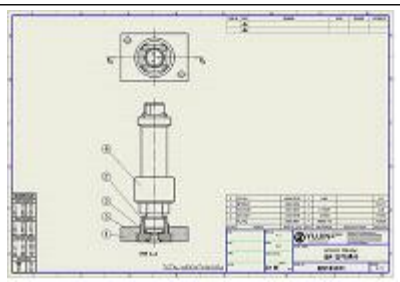
③ 제어실 압력이 3 bar 이하가 되면 역조절전자변은 중계변과 연락이 이루어진다.

(나) 패널배출변(VA-DR-PN-01)

[그림 3.2.31 패널배출변 기본 및 상세설계 도면]

(다) BP 압력센서(SE-PE-BP-01)

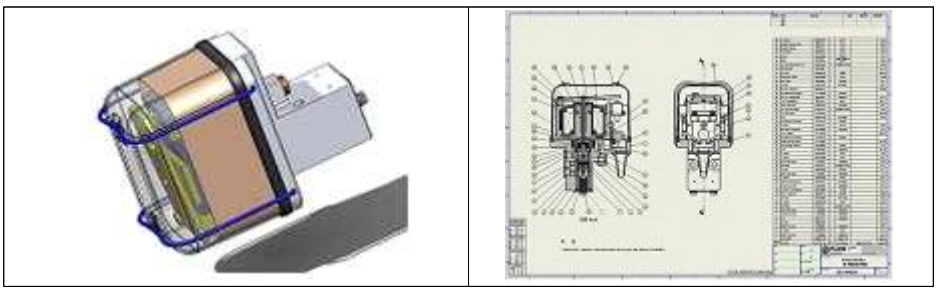
[그림 3.2.32 BP 압력센서 기본 및 상세설계 도면]

각각의 모터 블록에서 논리적으로 혼합제동 작용을 할 수 있도록 BP 압력을 측정하는데 필요하다.

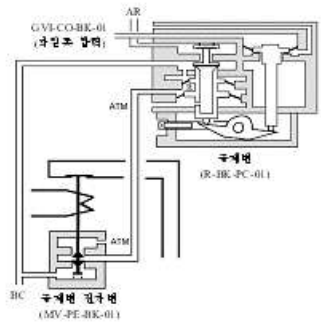
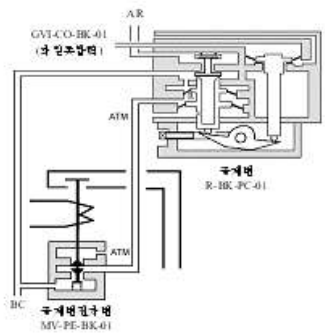
시중품과 이것을 패널에 부착하기 위한 기계가공품의 조합으로 되어 있으며, 현차에 부착되어 있는 제품의 사양은 다음과 같다.

Maker : Baumer (Made in France), Type : E913 GEC
EM/Rated : 0 + 6 bar R, Signal/Output : 4 - 20 mA
Alim/Input : 12 - 40 Vdc, +A : Borne 1 / Pin 1, -A : Borne 2 / Pin 2
Borne 3 / Pin 3 - Nasse / Ground

(라) 중계변전자변(MV-PE-BK-01), 혼합제동전자변(MV-SW-BK-01)



[그림 3.2.33 중계변 전자변 기본 및 상세설계 도면]

	V < 200 km/h ▪ MV-PE-BK-01 여자. ▪ 중계변의 R실은 대기와 연락되어, ▪ 제동실린더에 최대 압력 (Full Pressure) 공급 : <P_{BC}=3.6 bar.max>
	V ≥ 200 km/h ▪ MV-PE-BK-01소자. ▪ 중계변의 R실은 BC와 연락. ▪ 제동실린더에 감소된 압력(reduced pressure) 공급 : <P_{BC}=1.6 bar.max>

[그림 3.2.34 중계변(R-BK-PC-01) 및 중계변전자변(MV-PE-BK-01)]

▪ 중계변 전자변(MV-PE-BK-01) = BC 압력조절 전자변

열차의 속도에 따라 2단계 BC 압력 :

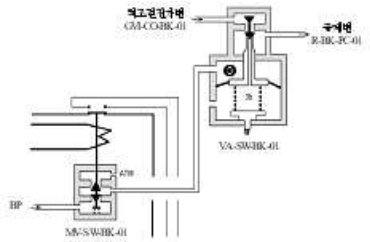
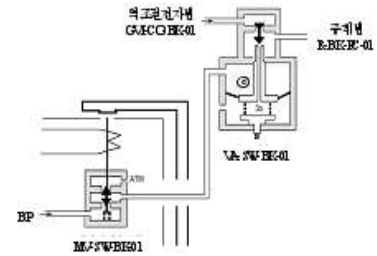
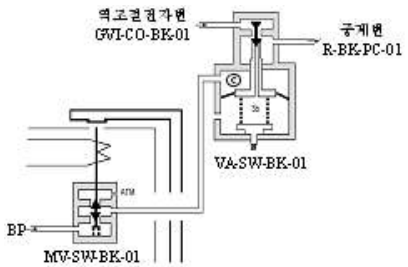
- V < 200 ㎞/h : 여자 → P_{BC} = 3.6 bar.max

- V ≥ 200 ㎞/h : 소자 → P_{BC} = 1.6 bar.max

▪ 혼합제동전자변(MV-SW-BK-01)

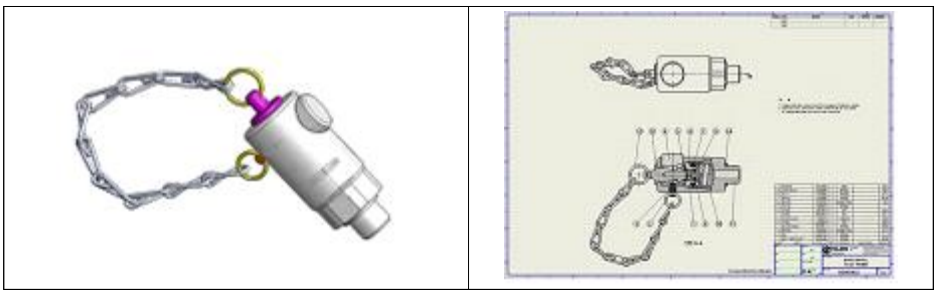
혼합제동이 정상적으로 이루어 질 때 공기제동이 정상적으로 사용될 수 있도록 경로를 형성된다.

혼합제동제어	전자변	제동전환변(VA-SW-BK-01)
정상	ON	제어실은 대기와 연락
고장	OFF	제어실은 BP와 연락

	**정상 운전** ▪ MV-SW-BK-01 여자 ▪ VA-SW-BK-01의 ⓒ실은 대기와 연락 ▪ 역조절전자변 ⇒ 중계변 : 연락
	**피견인/비상(P_{BP}=5 bar)** ▪ MV-SW-BK-01 소자 ▪ VA-SW-BK-01의 ⓒ실은 BP 공급 ▪ ⓒ실의 압력이 스프링의 힘보다 크므로, ▪ 역조절전자변 ⇒ 중계변 : 차단 <제동불가>
	**피견인/비상(P_{BP}<3 bar)** ▪ ⓒ실의 압력이 스프링의 힘(3 bar 셋팅) 보다 작으므로, ▪ 역조절전자변 ⇒ 중계변 : 연락 <전제동 체결>

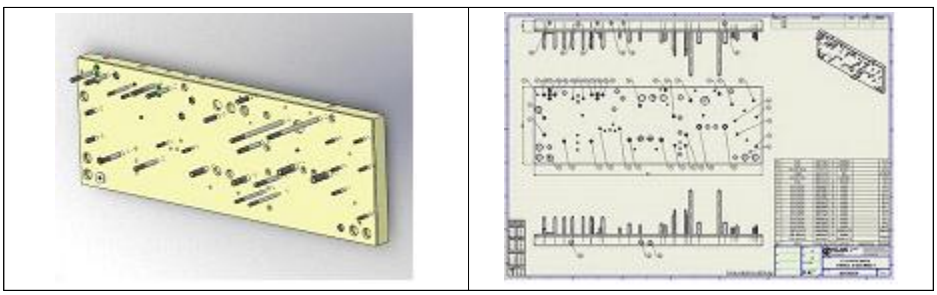
[그림 3.2.35 제동전환변(VA-SW-BK-01) 및 혼합제동전자변(MV-SW-BK-01)]

(마) 테스트포인트(大)(TP-FA-BC-01)



[그림 3.2.36 테스트포인트(大) 기본 및 상세설계 도면]

(바) 패널(PN-BK-PC-01)

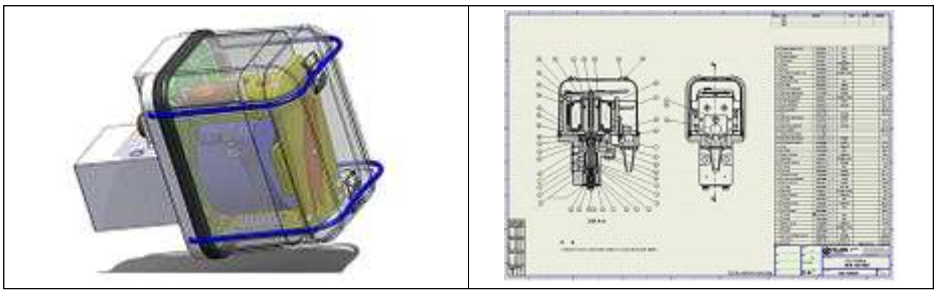


[그림 3.2.37 동력대차 제동패널 기본 및 상세설계 도면]

패널의 기계적 특성은 내부통로에 의한 집적배관, 접착제 결합 공법(panel of countersunk/ glued type integrating pipes in the shape of internal ducts), 모든 부품에는 후랜지를 설치, 압력측정 포인트 설치

(3) 기관사 제동패널

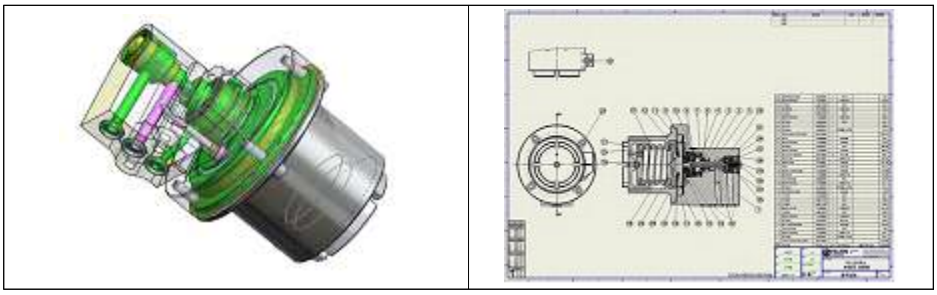
(가) 과충기 전자변(MV-OC-01)



[그림 3.2.38 과충기 전자변 기본 및 상세설계 도면]

과충기 전자변이 여자되면 제동관은 과충기 공기통(용량 1.5 L)을 공급하고, 파일럿감압변에서 공기의 압력을 5.4 bar로 공급한다.

(나) 파일럿감압변(VA-SL-PN-01)



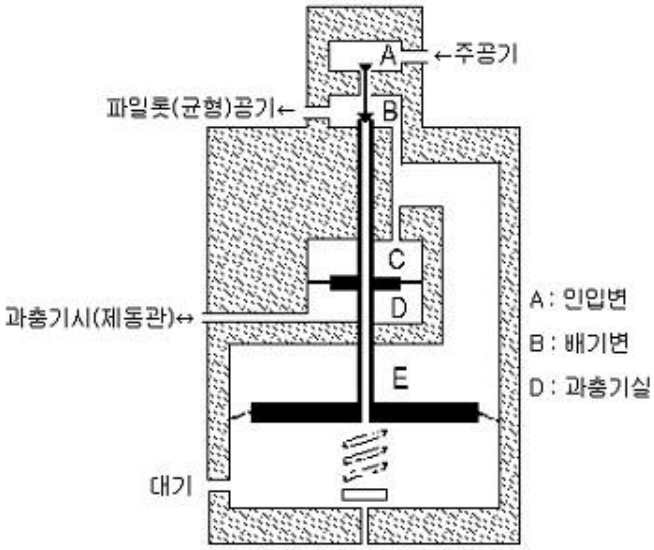
[그림 3.2.39 파일럿감압변 기본 및 상세설계 도면]

과충기 전자변의 상태에 따라 균형공기통에 5 bar 또는 5.4 bar의 압력공기를 공급한다.

① 정상운전 시 : 균형공기통으로 5 bar 공급 ← C 및 E실 공급

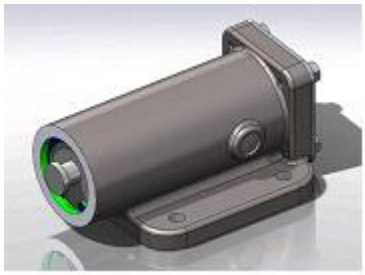
② 과충기 시 : 균형공기통으로 5.4 bar 공급 ← C, D, E실 공급

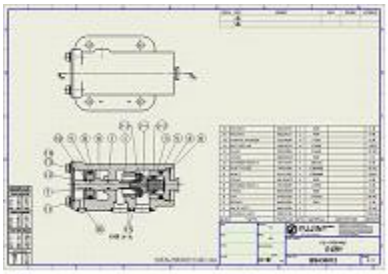
(D실은 과충기 전자변 여자에 의해 BP 압력 공급)



[그림 3.2.40 파일럿감압변]

(다) 중립변(VA-NE-01)

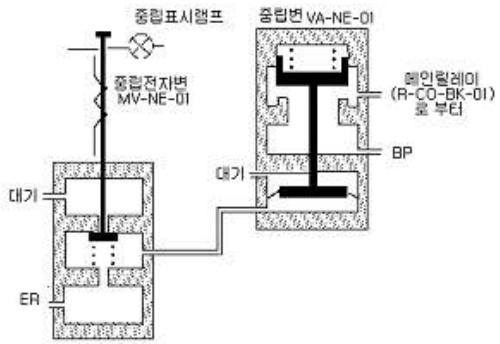




[그림 3.2.41 중립변 기본 및 상세설계 도면]

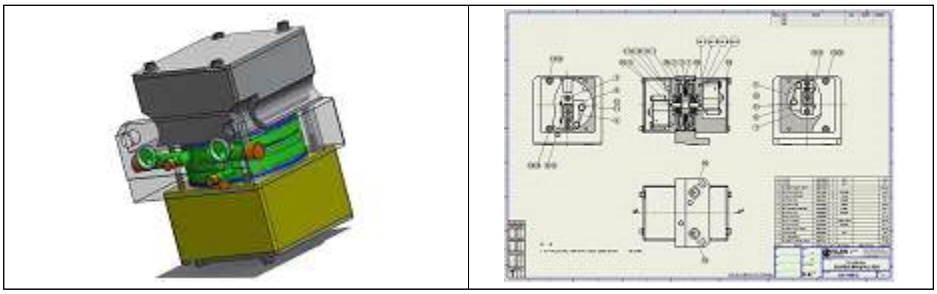
메인중계변으로부터 제동관을 차단하는데 사용된다. 균형공기통의 압력이 1.5 bar 이상에서 개방된다.

구 분	결 과
운전시	- MV-NE-01 소자 - ER ® VA-NE-01중간실 ® VA-NE막판아래 - 중립변개방 : 메인릴레이R-CO-BK-01과 BP가 연락 (VA-NE막판아래P_{ER}>1.5bar부터 VA-NE-01의 밸브가 개방되어 BP공급시작)
중립시	- 중립스위치S-BK-NE-01을 ON - MV-NE-01이 여자 - VA-NE-01 아래ER ® VA-NE-01중간실 ® 대기 - 중립변닫힘 : 메인릴레이R-CO-BK-01과 BP가 차단 << “BP 기밀시험” 및 “비상제동”시 작동 >>



[그림 3.2.42 중립변 및 중립전자변]

(라) 전공제동제어압력스위치(PS-BK-CO-01)



[그림 3.2.43 전공제동제어압력스위치 기본 및 상세설계 도면]

① 열차의 속도향상을 위해서는 높은 공기전파속도가 요구되며, 이를 위해서 전공제동장치가 필요하다.

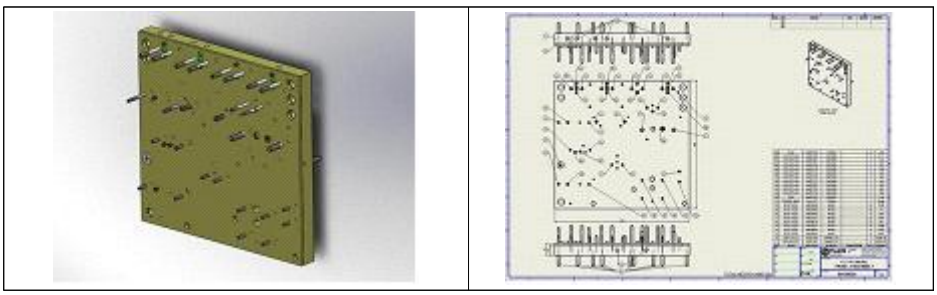
② 전공제동제어압력스위치는 운전자 제동 제어반내의 P_{ER}과 P_{BP}를 비교한 필요한 전기신호(filtered BN, BR)를 발생하여 객차제동 제어반으로 전송하기 위한 스위치이다.

$P_{ER} < P_{BP}-0.15$	제동인가	MV-BR : OFF (AR→BP 차단) MV-BN : OFF (BP→대기배출)
$P_{BP}-0.1 < P_{ER} < P_{BP}-0.05$	제동유지	MV-BR : OFF (AR→BP 차단) MV-BN : ON (BP→대기차단)
$P_{BP}+0.1 < P_{ER}$	제동완해	MV-BR : ON (AR→BP 공급) MV-BN : ON (BP→대기차단)

③ 주제동레버(MC-BK-PN-01)에서 완해신호가 끝난 경우에도 5초의 시간지연(time delay)을 갖고, 이 시간 내에 상기 조건을 벗어나야 완해신호가 해제된다.

④ 전기적으로 제동유지구간에서도 제동관 공기압력에 따라 제동력은 제어된다.

(마) 패널(PN-CO-BK-01)

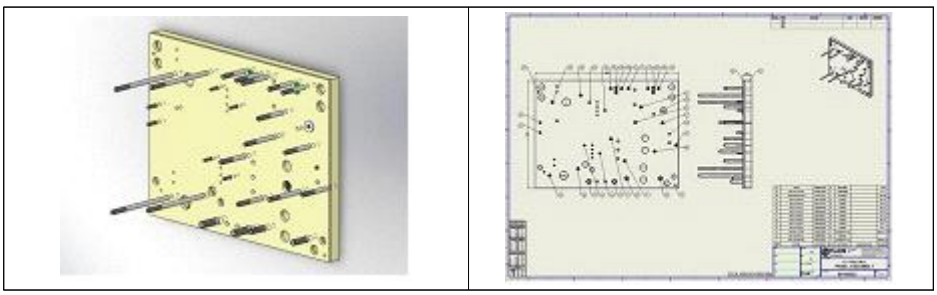


[그림 3.2.44 기관사 제동패널 기본 및 상세설계 도면]

패널의 기계적 특성은 내부통로에 의한 집적배관, 접착제 결합 공법(panel of countersunk/ glued type integrating pipes in the shape of internal ducts), 모든 부품에는 후랜지를 설치, 공기통을 제외한 모든 부품은 패널의 앞면에 설치

(4) 공압 보조패널

(가) 패널(PN-AUX-01)

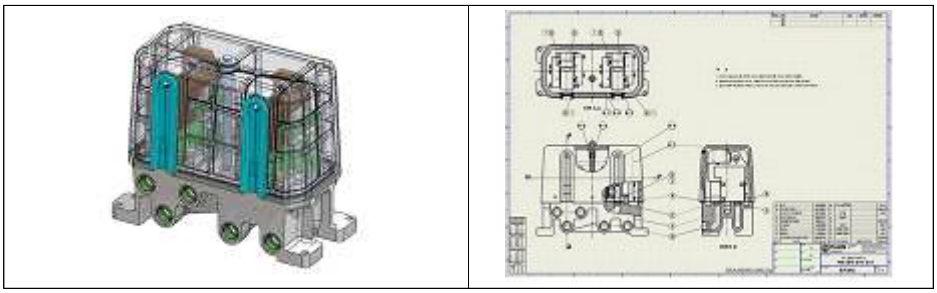


[그림 3.2.45 공압보조제동패널 기본 및 상세설계 도면]

패널의 기계적 특성은 내부통로에 의한 집적배관, 접착제 결합 공법(panel of countersunk glued type integrating pipes in the shape of internal ducts), 모든 부품에는 후랜지를 설치

(5) 기타 장치

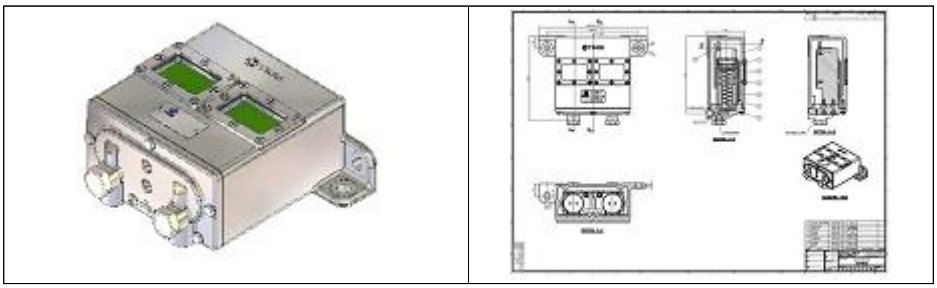
(가) 객차활주방지장치(PN-AE-TR-01)



[그림 3.2.46 객차활주방지장치 기본 및 상세설계 도면]

DC24V 권선 2개(축당 1개)가 객차 차체 단부(end)에 취부한다. 주요목적은 차륜 답면 손상을 방지와 점착력과 관련해서 보다 나은 제동성능 보장한다. 주요기능은 차축 비회전(blocking) 방지, 잠재적 요구가 더 클때 이용 가능한 점착력을 최대로 활용하기 위해 제동실린더 압력 제한, 제동 성능을 적정하게 유지한다.

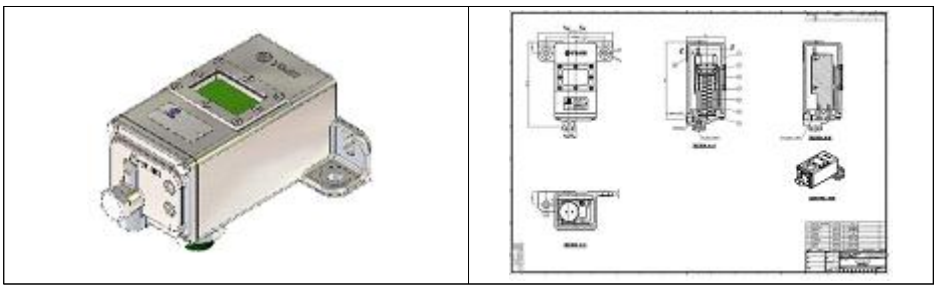
(나) 복식제동표시기(I-BK-11)



[그림 3.2.47 복식제동표시기 기본 및 상세설계 도면]

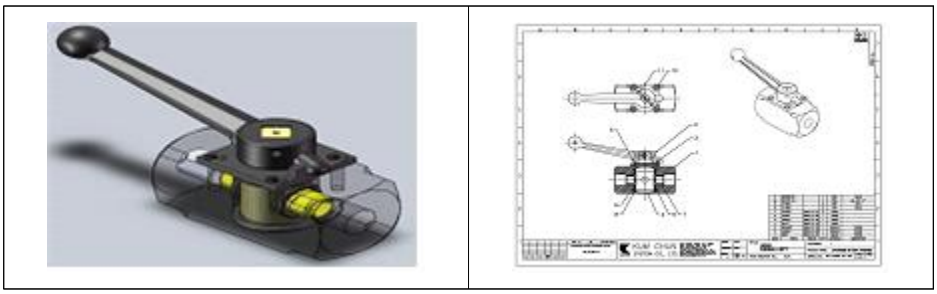
제동, 완해 식별장치로서 제동시 녹색에서 적색으로, 완해시 적색에서 녹색으로 전환되어 제동 및 완해를 구별하는 장치이다. 제동실린더에 압력이 있는지 없는지를 육안상으로 보여줄 뿐만 아니라 운전실에서 사용되는 전기적 제어 기능이 내장되어 있다. (제동시 : 적색표시, 완해시 : 녹색표시)

(다) 단식제동표시기(I-BR-BN-01)



[그림 3.2.48 단식제동표시기 기본 및 상세설계 도면]

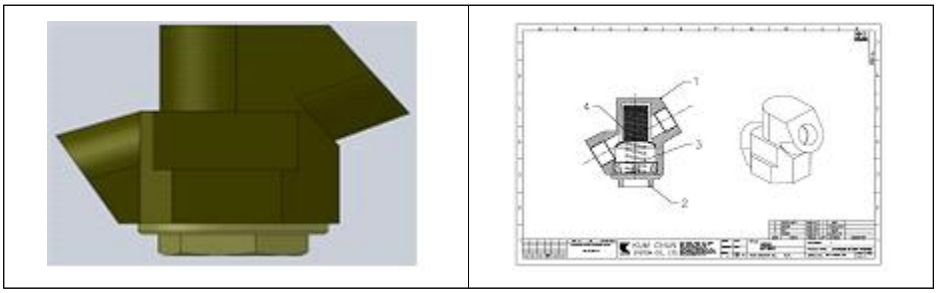
(라) 차단코크(CC-IS-SU)



[그림 3.2.49 차단코크 기본 및 상세설계 도면]

레벨 Rod 셋팅치에서 개폐되는 밸브로서 차단콕크의 기능을 가지며, 최고 사용 압력은 10 bar 이다.

(마) 공기필터(FL-SU-PN)

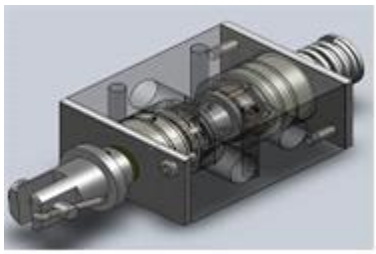


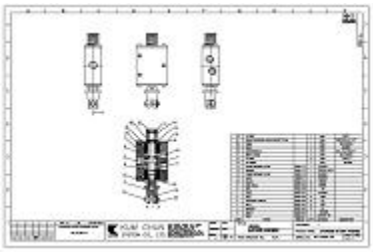
[그림 3.2.50 공기필터 기본 및 상세설계 도면]

압축 공기가 흐르는 과정에서 금속형 필터를 통과하도록 되어있어 공기중의

고운먼지, 오물 등이 다음에 연결된 작동기기 내부로 흘러 들어가는 것을 사전에 막아 작동기기의 작동불능 및 흡입구의 막힘을 방지한다.

(바) 높이제한밸브(VL-LI-SU)



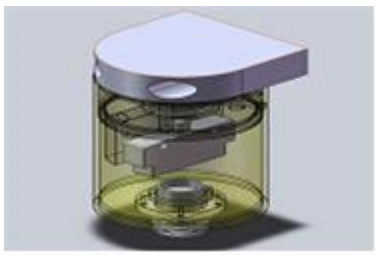


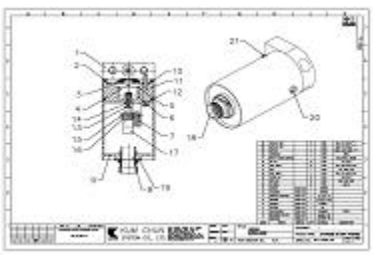
[그림 3.2.51 높이제한밸브 기본 및 상세설계 도면]

기준 높이 초과시 1차측 압력을 배기하여 차체높이를 낮춰준다.

- 셋팅높이 : 40 ㎜이상
- STROKE = 6.5 ㎜
- 3개의 연결구는 G1/4 임

(사) 압력스위치(PS-SU-01)





[그림 3.2.52 압력스위치 기본 및 상세설계 도면]

에어백의 비정상적인 낮은 압력을 감지하고, 내부의 Snap-Action Switch가 기준값 이상의 낮은 압력을 감지하게 되면 작동한다.

P1=2.5 +0.3/-0 (RESET)

P2=2.0+0/-0.3(SENSING)

제3절 시제품 제작

1. 시제품 제작 품목

순 번	품목번호	시 제 품 명	
1	1-1	객차대차 제동패널	중계변 전자변
	1-2		완해 전자변
	1-3		제동 전자변
2	1-4		테스트 포인트(小)
3	1-5		EPB 차단변
4	1-6		역지변 (大)
5	1-7		분배변
6	1-8		중계변
7	1-9		감압변
8	1-10		패 널
9	2-1	동력대차 제동패널	중계변 전자변
	2-2		혼합제동전자변
10	2-3		BP비상배출변
	2-4		테스트포인트 (小)
11	2-5		역지변 (小)
12	2-6		활주방지변
13	2-7		비상감지 압력스위치
14	2-8		역조절 전자변
15	2-9		제동절환변
	2-10		중계변
	2-11		역지변 (大)
16	2-12		패널배출변
	2-13		감압변
17	2-14		BP압력 센서
18	2-15		테스트포인트 (大)
19	2-16		패 널
	3-1	기관사 제동패널	제동제어 전자변
	3-2		완해 전자변
20	3-3		과충기 전자변
	3-4		중립 전자변
21	3-5		BP 1차감압 리셋팅 압력스위치
	3-6		과충기배출변
22	3-7		전공제동제어 압력스위치
	3-8		역지변 (小)
23	3-9		메인 중계변
24	3-10		BP 자동충기 압력스위치
25	3-11		파일럿 감압변
26	3-12		중립변
	3-13		테스트포인트 (小)
27	3-14		패 널 (Brake Panel)

	4-1	공압보조 제동패널	비상정차배출변
28	4-2		비상제동제어전자변
	4-3		살사전자변
	4-4		역지변 (大)
	4-5		대량 살사전자변
29	4-6		살사 차단 콕크
30	4-7		기관사 제동변 차단 콕크
	4-8		필터 청소 콕크
	4-9		소량 살사감압변
31	4-10		기관사 제동변 필터
32	4-11		필터 배출 콕크
33	4-12		패 널
34	5		객차 활주방지장치
35	6		복식제동 표시기
36	7		제동캘리퍼
37	8		단식제동 표시기
38	9		주차제동실린더
39	10		레벨링 밸브
40	11		차압밸브
41	12		객차용 패널 차단변
42	13		동력차용 패널 차단변
43	14		주차제동 보호밸브
44	15		차단콕크
45	16		공기필터
46	17		높이제한밸브
47	18		압력스위치

※ **음영부분**은 개발품간 호환이 가능하여 따로 시제품을 제작하지 않아도 됨.
※ 개발품 아이템수 : 47종 (연구개발품 43종, 호환제작품 4종)

[그림 3.3.1 시제품 제작 사진]

2. 객차대차 제동패널

가. 분배변

[그림 3.3.2 분배변 시제품]

주물 제작방식을 적용하였고, 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

나. 중계변

[그림 3.3.3 중계변 시제품]

주물 제작방식을 적용하였고, 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

다. 감압변

[그림 3.3.4 감압변 시제품]

원제품은 주물 제작방식인 반면 국산화 개발품은 기계가공 제작방식이다. 원제품에 비해서 크기와 중량이 대폭 줄어들었다. 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

라. EPB 차단변

[그림 3.3.5 EPB 차단변 시제품]

원제품은 주물 제작방식인 반면 국산화 개발품은 기계가공 제작방식이다. 원래의 둥근 형태가 각이진 형태로 바뀌었다. 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

마. 중계변(완해)(제동) 전자변

[그림 3.3.6 중계변(완해)(제동) 전자변 시제품]

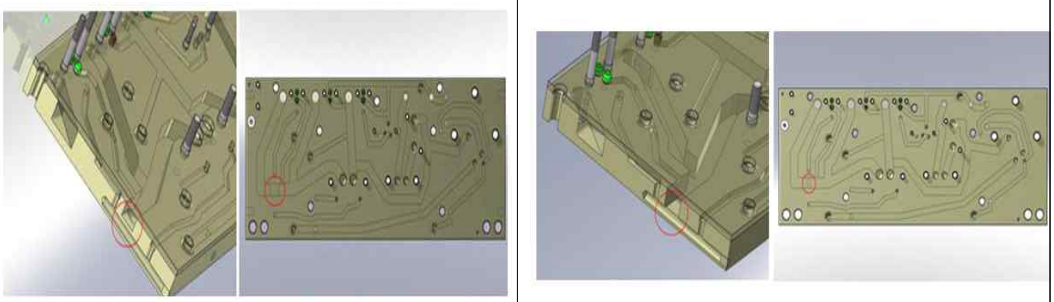
원제품은 주물 제작방식인 반면 국산화 개발품은 기계가공 제작방식이다. 원래의 둥근 형태가 각이진 형태로 바뀌었다. Coil 동작시험은 만족할만한 수준이다. 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

바. 역지변(大)

[그림 3.3.7 역지변(大) 시제품]

기계가공 및 부시 압입공정을 거쳐 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

사. 패널



[그림 3.3.8 객차대차 제동패널 시제품]

객차대차 제동패널 조립체는 방사선 투과 검사를 통하여 내부 회로를 제작하였으나, 패널 공기회로 가공불량으로 재 제작하는데 1개월이 더 소요되었다.

3. 동력대차 제동패널

가. 역조절전자변

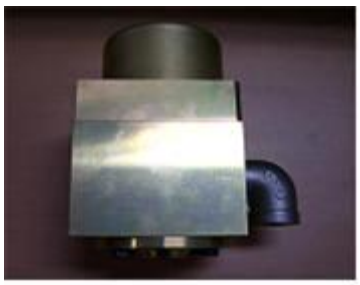
[그림 3.3.9 역조절전자변 시제품]

나. 활주방지변

[그림 3.3.10 활주방지변 시제품]

역조절밸브는 215Ω의 코일이, 활주방지변은 58Ω의 코일이 사용된다. 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

다. BP 비상배출변



[그림 3.3.11 BP 비상배출변 시제품]

SCHALTBAU S800 b 20 마이크로스위치가 사용된다. 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

라. 제동절환변

[그림 3.3.12 제동절환변 시제품]

원제품은 주물 제작방식인 반면 국산화 개발품은 기계가공 제작방식이다. 원래의 둥근 형태가 각이진 형태로 바뀌었다. 상부는 객차대차 제동패널의 EPB 차단변과 동일한 구조이다. 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

마. 패널배출변

[그림 3.3.13 패널배출변 시제품]

바. 비상감지 압력스위치

[그림 3.3.14 비상감지압력스위치 시제품]

CROUZET 83106 마이크로스위치가 사용된다. 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

사. BP 압력센서

[그림 3.3.15 BP 압력센서 시제품]

아. 중계변(혼합제동) 전자변

[그림 3.3.16 중계변(혼합제동) 전자변 시제품]

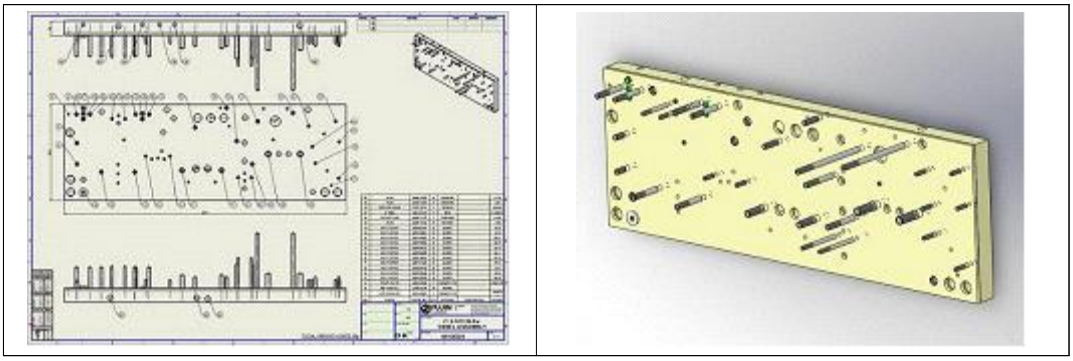
원제품은 주물 제작방식인 반면 국산화 개발품은 기계가공 제작방식이다. 원래의 둥근 형태가 각이진 형태로 바뀌었다. 코일 동작시험은 만족할 만한 수준이다.

자. 역지변(小)

[그림 3.3.17 역지변(小) 시제품]

기계가공 및 부시 압입공정을 거쳤고, 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

차. 패널



[그림 3.3.18 동력대차 제동패널 시제품]

방사선 투과 검사를 통하여 내부 회로를 파악하여 설계하였다. 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

4. 기관사 제동패널

가. 과충기 전자변

[그림 3.3.19 과충기 전자변 시제품]

원제품은 주물 제작방식인 반면 국산화 개발품은 기계가공 제작방식이다. 원래의 둥근 형태가 각이진 형태로 바뀌었다. 코일 동작시험은 만족할 만한 수준이다. 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

나. 메인중계변

[그림 3.3.20 메인중계변 시제품]

원제품은 주물 제작방식인 반면 국산화 개발품은 기계가공 제작방식이다.

다. 파일럿감압변

[그림 3.3.21 파일럿감압변 시제품]

원제품은 주물 제작방식인 반면 국산화 개발품은 기계가공 제작방식이다. 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

라. BP 1차감압 리셋팅압력스위치

[그림 3.3.22 BP 1차감압 리셋팅압력스위치 시제품]

원제품은 주물 제작방식인 반면 국산화 개발품은 기계가공 제작방식이다. 하우징은 BP 자동충기 압력스위치와 동일하다. CROUZET 83106 마이크로스위치가 2개 사용된다. 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

마. BP 자동충기 압력스위치

[그림 3.3.23 BP 자동충기 압력스위치 시제품]

원제품은 주물 제작방식인 반면 국산화 개발품은 기계가공 제작방식이다. 하우징은 BP 1차감압 리셋팅압력스위치와 동일하다. Telemecanique XC1-ZA2 마이크로스위치가 사용된다. 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

바. 중립변

[그림 3.3.24 중립변 시제품]

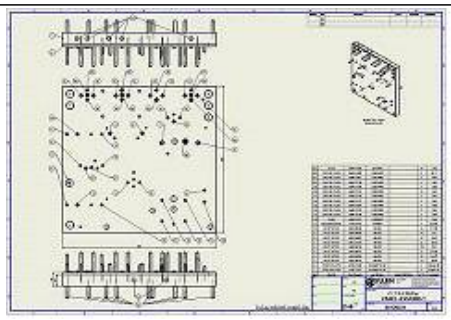
하우징을 주물 제작방식으로 원제품과 동일하게 하였다.

사. 전공제동제어압력스위치

[그림 3.3.25 전공제동제어압력스위치 시제품]

BZ-2RD-A2 마이크로스위치가 2개 사용된다.

아. 패널

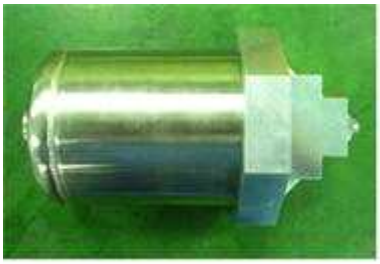


[그림 3.3.26 기관사 제동패널 시제품]

방사선 투과 검사를 통하여 내부 회로를 파악하여 설계하였다. 제작 및 자체 성능 시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

5. 공압 보조패널

가. 기관사 제동변 필터



[그림 3.3.27 기관사 제동변 필터 시제품]

원제품은 주물 제작방식인 반면 국산화 개발품은 기계가공 제작방식이다. 내부의 필터를 일체형인 소결필터로 개선하였다.

나. 필터 배출콕크

[그림 3.3.28 필터 배출콕크 시제품]

기관사 제동변 필터와 결합되어 사용된다.

다. 기관사 제동변 차단콕크

[그림 3.3.29 기관사 제동변 차단콕크 시제품]

Ball Valve 가공 시 진원도 확보에 어려움이 있었으나 모든 성능을 만족하였다.

라. 살사차단(필터청소) 콕크

[그림 3.3.30 살사차단(필터청소) 콕크 시제품]

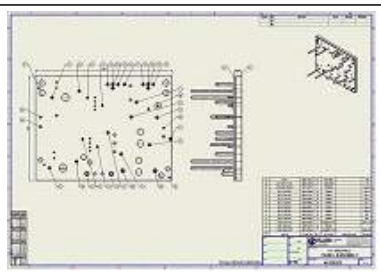
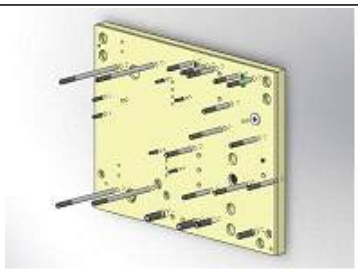
Ball Valve 가공시 진원도 확보에 어려움이 있었으나 모든 성능을 만족하였다.

마. 비상제동제어전자변

[그림 3.3.31 비상제동제어전자변 시제품]

원제품은 주물 제작방식인 반면 국산화 개발품은 기계가공 제작방식이다. 800Ω의 코일과 DIN 규격의 커넥터를 사용한다.

바. 패널

[그림 3.3.32 공압 보조패널 시제품]

방사선 투과 검사를 통하여 내부 회로를 파악하여 설계하였다.

6. 기타 제동 및 현가장치

가. 객차활주방지장치

[그림 3.3.33 객차활주방지장치 시제품]

하우징을 주물로 제작하였다. 하우징 내부에 활주방지변이 2개 장착되는 구조이다. 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

나. 복식제동표시기

[그림 3.3.34 복식제동표시기 시제품]

KTX 산천 호환품으로, 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

다. 제동캘리퍼

[그림 3.3.35 제동캘리퍼 시제품]

크로스링크는 용접작업을 거쳐 제작된다. 용접 후 풀림처리를 실시하고 동시 구멍가공을 실시한다. 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

라. 단식제동표시기

[그림 3.3.36 단식제동표시기 시제품]

KTX 산천 호환품으로, 제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

마. 주차제동실린더

[그림 3.3.37 주차제동실린더 시제품]

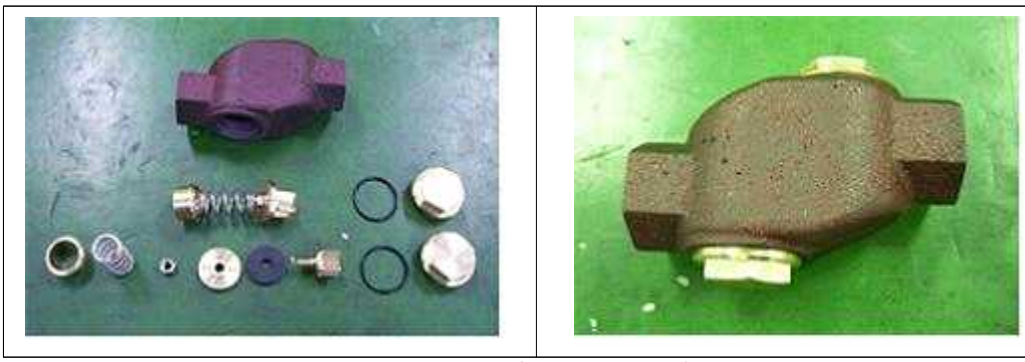
제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

바. 레벨링밸브

[그림 3.3.38 레벨링밸브 시제품]

제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

사. 차압밸브

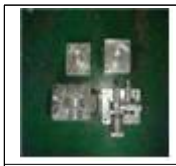


[그림 3.3.39 차압밸브 시제품]

제작 및 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

아. 객차 MR/BP차단변

[그림 3.3.40 객차MR/BP차단변 시제품]

					
금형 제작	왁스사출	왁스조립 코팅 탈왁스	소성 주조	탈사 절단	교정 사상

[그림 3.3.41 주물 제조 과정]

주물 제작 과정에서 기포가 발생해 시행착오를 겪었다. 아노다이징 처리과정에서 공차부분이 잘 맞지 않는 부품들이 있어 재가공 처리하는 부품들도 다수 있었다.

자. 동력차 MR/BP차단변

[그림 3.3.42 동력차MR/BP차단변 시제품]

객차용 MR/BP 차단변 기능과 형상이 유사하나 Pressure test point가 없다.

차. 주차제동 보호밸브

[그림 3.3.43 주차제동보호밸브 시제품]

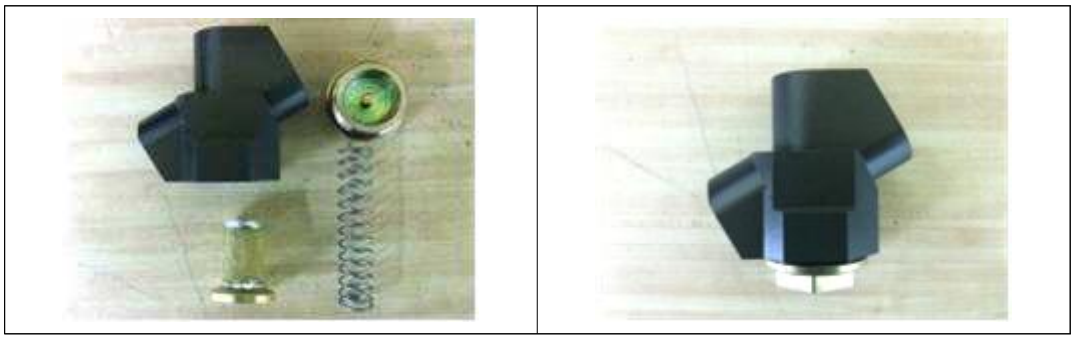
주차제동 보호밸브는 가공 타입으로, 제품 내부의 세밀한 구멍부분을 가공하는데 어려움이 있었다. 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

카. 차단코크

[그림 3.3.44 차단코크 시제품]

차단코크는 핸들이나 몸체 부분이 주물타입에서 가공타입으로 바뀌었다. 주물 제작 시에 주조하는 과정에서 기포가 발생하는 현상이 잦아 가공 타입으로 바꾸게 된 것이다. 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

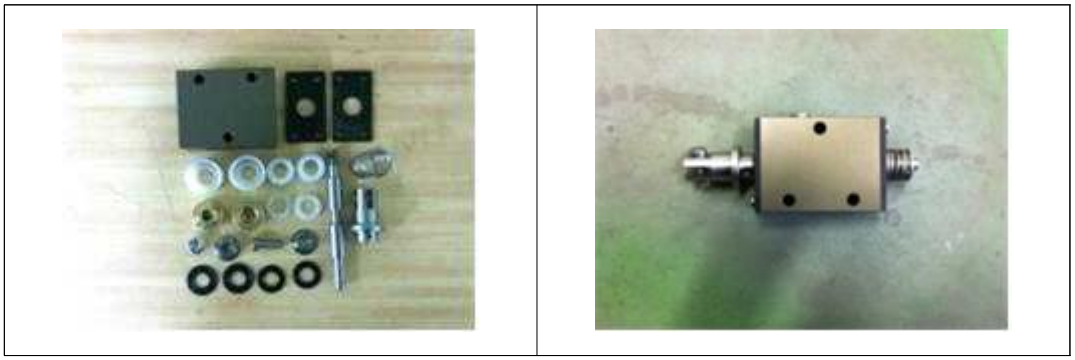
타. 공기필터



[그림 3.3.45 공기필터 시제품]

공기필터도 차단콕크와 마찬가지로 몸체 부분이 주물타입에서 가공타입으로 바뀌었다. 주물 제작 시에 주조하는 과정에서 기포가 발생하는 현상이 잦아 가공 타입으로 바뀌게 되었다. 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

파. 높이 제한 밸브



[그림 3.3.46 높이제한밸브 시제품]

높이제한밸브는 내부에 가공하기 까다로운 플라스틱 재질 부품들이 있어 가공이 가능하도록 변경하였다. 자체 성능시험과 공인기관 입회 성능시험을 완료하였다.

하. 압력 스위치

[그림 3.3.47 압력 스위치 시제품]

압력스위치는 가공타입의 제품으로 플라스틱 재질의 제품을 가공하는데 있어 금속 재질의 부품보다 깔끔하게 가공되지는 못하지만 제품의 완성도를 위해 최대한 깔끔하게 처리하여 마무리 하였다.

제4절 내구성 시험

1. 내구성시험 목표값 검토

가. 분배변, 역조절 전자변에 대한 내구성시험 검토

분배변과 역조절 전자변에 대한 내구성시험에 있어서 주행경로의 각 역마다 정차한다고 가정할 때, 서울~부산간 편도 8회, 왕복 16회이며, KTX 차량이 1일 3회 왕복한다고 가정하면, 1일 48회, 연간 17,520회이다. 'Rolling Stock Maintenance K680-O-N1120-GL+T-001 Rev. F 부록 1.3 부품 잠재수명 목록' 자료에 따르면, 분배변과 역조절전자변의 잠재수명은 모두 72개월(6년)이며, 6년간 하루도 쉬지 않고 KTX 차량을 운행한다고 가정할 때 공기브레이크의 사용빈도는 105,120회이다.

분배변과 역조절 전자변에 대한 내구성시험에 있어서 거리를 기준으로 할 때, 3,000,000 ㎞를 부품 잠재수명이라고 가정하면, 서울~부산 간 거리가 418.7 ㎞이고, 왕복거리는 837.4 ㎞이다. 부품 잠재수명동안의 왕복운행 횟수는 3,583회(공기브레이크 사용빈도 : 3,583×16회=57,328회)이고, KTX 차량을 연간 304일 운행한다고 가정, 잠재수명기간을 6년으로 했을 때 일평균 운행횟수는 1.96회, 약 2회가 된다.

분배변과 역조절 전자변에 대한 내구성시험 회수는 가혹한 조건으로 서울~부산을 1일 3회 왕복한다고 했을 때, 부품 잠재수명을 고려한 동작 횟수는 105,120회이고, 50만회의 내구성 시험으로 제품에 대한 성능 검증이 충분할 것으로 판단하여 목표 값으로 정하였다.

나. 객차제동패널 MR/BP 차단변에 대한 내구성시험 검토

객차제동패널 MR/BP차단변에 대한 내구성시험에 있어서 잠재수명은 144개월(12년)이다. 다만, KTX 차량 운행 중에는 사용되지 않는다. 실제 사용되는 경우라고 가정하면, KTX 검수주기 제한검수(LI)는 150,000 ㎞ 또는 3개월 마다 이뤄지므로 년 간 4회 ×12년은 48회 이다. 기능 확인 상 주 1회 작동한다고 가정하면, 년 간 52회 ×12년은 624회이다.

객차제동패널 MR/BP차단변에 대한 가혹한 조건으로 1일 1회 작동한다고 했을 때, 부품 잠재수명을 고려한 밸브 ON-OFF 동작 횟수는 4,380회이고, 12,000회의 내구성 시험으로 제품에 대한 성능 검증이 충분할 것으로 판단하여 목표 값으로 정하였다.

다. 레벨링 밸브와 차압밸브에 대한 내구성시험 검토

레벨링 밸브와 차압밸브 내구성시험에 있어서 주행경로의 각 역마다 정차한다고 가정할 때, 서울~부산간 편도 9회, 왕복 18회이며, KTX 차량이 1일 3회 왕복한다고 가정하면, 1일 54회, 연간 19,710회이다. 'Rolling Stock Maintenance K680-O-N1120-GL+T-001 Rev. F 부록 1.3 부품 잠재수명 목록' 자료에 따르면, 레벨링 밸브의 잠재수명은 모두 72개월(6년)이며, 차량밸브의 잠재수명은 144개월(12년)이다. 잠재수명기간 동안 하루도 쉬지 않고 KTX 차량을 운행한다고 가정할 때 레벨링 밸브는 118,260회, 차압밸브는 236,520회이다.

레벨링 밸브와 차압밸브에 대한 내구성시험에 있어서 거리를 기준으로 할 때, 3,000,000 ㎞를 부품 잠재수명이라고 가정하면, 서울~부산 간 거리가 418.7 ㎞이고, 왕복거리는 837.4 ㎞이다. 부품 잠재수명동안의 왕복운행 횟수는 3,583회(공기브레이크 사용빈도 : 3,583×18회=64,494회)이고, KTX 차량을 연간 304일 운행한다고 가정, 잠재수명기간을 6년, 12년으로 했을 때 일평균 운행횟수는 레벨링 밸브는 1.96회, 약 2회, 차압밸브는 0.982회 약 1회가 된다.

레벨링 밸브와 차압밸브에 대한대한 내구성시험 회수는 가혹한 조건으로 서울~부산을 1일 3회 왕복한다고 했을 때, 부품 잠재수명을 고려한 레벨링 밸브와 차압밸브의 작동빈도는 각각 118,260회, 236,520회 이다. 50만회의 내구성 시험으로 제품에 대한 성능 검증이 충분할 것으로 목표 값으로 정하였다.

라. 주차제동보호밸브, 공기필터에 대한 내구성시험 검토

동력차에 설치되는 밸브이며, 실제 사용은 주차제동 실린더 트리포드 불균형 시 감재해주는 배브이며, 공기필터는 현가장치에 연결되어 작동기기 내부로 흘러들어가는 압축공기의 불순물을 사전행 방지해 주는 역할을 한다. 검수주기는 전반검수 FGI(600,000㎞) 또는 1년마다 점검한다. 잠재수명은 144개월(12년)이며, 1일 1회 작성한다고 가정시 4,380회이다. 가혹한 조건으로 1일 2회 작동한다고 했을 때, 부품잠재수명을 고려한 ON-PFF 통과 회수는 8,760회이다. 따라서 1만회의 내구성 시험으로 제품에 대한 성능 검증이 충분할 것으로 판단하였다.

마. 높이제한보호밸브에 대한 내구성시험 검토

KTX 차량 운행 중 현가장치 레벨링 밸브의 고장 시 차체가 과다하게 상승하는 것을 방지하는 일종의 안전장치 역할을 한다. 실제 현가장치 부분 정비, 교환, 높이를 측정할 때 내부에 차 있는 압력을 제거할 때 대부분 사용된다. 검수주기는 FGI(600,000㎞) 또는 1년마다 점검한다. 잠재수명 72개월(6년) , 기능 확인상 주 7회 작동한다고 가정시 2,190회이다. 가혹한 조건으로 1일 2회 작동한다고 했을 때, 부품 잠재수명을 고려한 ON-OFF 통과횟수는 4,380회이다. 5천회의 내구성 시험으로 제품에 대한 성능 검증이 충분할 것으로 판단하였다.

바. 압력스위치와 차단콕크에 대한 내구성시험 검토

압력스위치는 KTX 차량 운행중 정상적인 압력 4bar 이상을 유지하며, 비 정상적인 압력을 감지하는 현가장치이다. 실제로 KTX 차량 현가장치쪽 압력이 2bar 이하일때는 비정상적인 압력값을 감지하는데 이런사례는 드물다. 차단콕크는 일반적인 콕크로 운행중에는 사용되지 않는다. 검수주기는 FGI(600,000㎞) 또는 1년마다 점검한다. 잠재수명 144개월(12년) , 압력스위치는 공기압력이 비정상적인 압력 2bar 이하로 주 2회 떨어진다고 가정시 1,248회, 차단콕크는 주 1회 작동한다고 가정시 624회, 부품잠재수명을 고려한 ON-OFF 통과횟수는 4,380회이다. 5천회의 내구성 시험으로 제품에 대한 성능 검증이 충분할 것으로 판단하였다.

개 발 품 목			내구성시험			비 고
			지그제작	시험진행	시험완료	
객차대차제동패널	1	중계변 전자변	-	-	-	
	2	테스트포인트(小)	-	-	-	
	3	EPB차단변	-	-	-	
	4	역지밸브(大)	-	-	-	
	5	C3W 분배밸브	‘11.04.11	‘11.04.13	**‘11.11.24**	**50만회(완료)**
	6	중계밸브	-	-	-	
	7	감압변	-	-	-	
동력대차제동패널	8	중계변 전자변	-	-	-	
	9	BP비상배출밸브	-	-	-	
	10	역지밸브(小)	-	-	-	
	11	활주방지변	-	-	-	
	12	비상감지 압력스위치	-	-	-	
	13	역조절전자변	‘11.04.18	‘11.04.20	**‘11.11.21**	**50만회(완료)**
	14	제동절환변	-	-	-	
	15	패널배출변	-	-	-	
	16	BP압력센서	-	-	-	
	17	테스트포인트(大)	-	-	-	
기관사제동패널	18	과충기전자변	-	-	-	
	19	BP1차감압리셋팅압력스위치	-	-	-	
	20	전공제동제어압력스위치	-	-	-	
	21	메인중계변	-	-	-	
	22	BP자동충기압력스위치	-	-	-	
	23	파일럿감압변	-	-	-	
	24	중립변	-	-	-	
공압보조패널	25	비상제동제어전자변	-	-	-	
	26	살사차단콕크	-	-	-	
	27	기관사제동변차단콕크	-	-	-	
	28	기관사제동변필터	-	-	-	
	29	필터배출콕크	-	-	-	
패널조립체	30	*객차대차제동패널조립체*	**종합시험기**	‘12.07.17	**‘12.09.19(1차)**	**2,000회씩 순차 완료**
	31	동력대차제동패널조립체	**종합시험기**	‘12.09.21	**‘12.10.22(1차)**	
	32	기관사제동패널조립체	**종합시험기**	‘12.10.22	**‘12.11.22(1차)**	
	33	공압보조패널조립체	**종합시험기**	‘12.11.23	**‘12.12.2(1차)**	
현가장치 및 기초제동장치	34	객차활주방지장치	-	-	-	활주방지변2개
	35	이중제동표시기	-	-	-	기설계입증자료
	36	제동캘리퍼	‘12.04.30	‘12.06.11	**‘12.11.11**	**50만회(완료)**
	37	제동완해표시기	-	-	-	기설계입증자료
	38	주차제동실린더	‘12.04.30	‘12.06.11	**‘12.11.11**	**50만회(완료)**
	39	레벨링밸브	‘11.10.17	‘11.10.19	**‘12.08.31**	**50만회(완료)**
	40	차압밸브	‘11.11.09	‘11.11.10	**‘12.06.30**	**50만회(완료)**
	41	객차용MR/BP차단변	‘11.07.07	‘11.07.08	**‘11.09.08**	**1만2천회(완료)**
	42	동력차용MR/BP차단변	‘11.07.07	‘11.11.08	**‘12.04.28**	**1만2천회(완료)**
	43	주차제동보호밸브	‘11.12.01	‘12.03.12	**‘12.10.06**	**1만회(완료)**
	44	차단콕크	‘11.12.01	‘12.03.12	**‘12.08.23**	**5천회(완료)**
	45	공기필터	‘11.12.01	‘12.03.12	**‘12.10.06**	**1만회(완료)**
	46	높이제한보호밸브	‘11.12.01	‘12.03.12	**‘12.09.07**	**5천회(완료)**
	47	압력스위치	‘11.12.01	‘12.03.12	**‘12.09.07**	**5천회(완료)**
합 계		**47**	**17**	**14**	**9**	

2. 내구성시험 결과 분석

가. 객차 및 동력차 제동패널 MR/BP차단변

[그림 3.4.1 패널차단변 내구성 시험]

품 목	시작일	목표값	비고
객차용패널차단변	‘11.7.8	1만2천회	‘11.9.8 완료
동력차용패널차단변	‘11.11.8	1만2천회	‘12.4.28 완료

- **객차용 패널 차단변**
- 1만2천회 시험 후 분해
- 고무 상태 양호
- 성적서 참조

- **동력차용 패널 차단변**
- 1만2천회 시험 후 분해
- 고무 상태 양호
- 성적서 참조

- 객차/동력차용 패널 차단변 잠재수명은 12년, KTX 차량운행 중에는 사용되지 않음
- KTX 정기정검시 사용되거나 패널의 고장으로 MP/BP라인을 차단 시 사용
- 밸브를 열고 닫을 때 마찰이 생기는 부분은 위의 사진에서 볼 수 있음
- 객차/동력차용 패널 차단변의 내구성 시험횟수는 사용빈도, 잠재수명, 가혹한 조건으로 계산한 1만 2천회로 정하고, 내구성 시험을 진행한 후 누설이 있는지 여부를 확인한 결과 합격
- 분해검사를 실시해 확인한 결과, 고무상태는 위에 사진에서 볼 수 있듯이 이상이 없음
- 잠재수명을 고려한 내구성 시험 결과, 고무 및 패널 차단변에 이상이 없음을 확인

검사 성적서(Inspection Report)

객차용 패널 차단변

검수정보 기록			
검 사 일 : 2011 년 9 월 8 일	검 사 자 : 김종렬	확 인 자 : 김종렬	종합 판정 : 합격
차 호 :	제품 번호 :	자재 번호 :	

No.	시험항목별 확인사항 또는 허용치(Verification or values to be obtained)		측정 결과	시험 결과
1	누설시험	분리상태(닫힘) 1분간 누설량이 0.02bar 이내일것.	0.01bar	합격
		공급상태(열림) 1분간 누설량이 0.02bar 이내일것.	0.00bar	합격
2	쵸크달린시험	코크 밸브와 순간 접촉 1분간 누설량이 0.02bar 이내일것.	0.01bar	합격

MEMO

검사 성적서(Inspection Report)

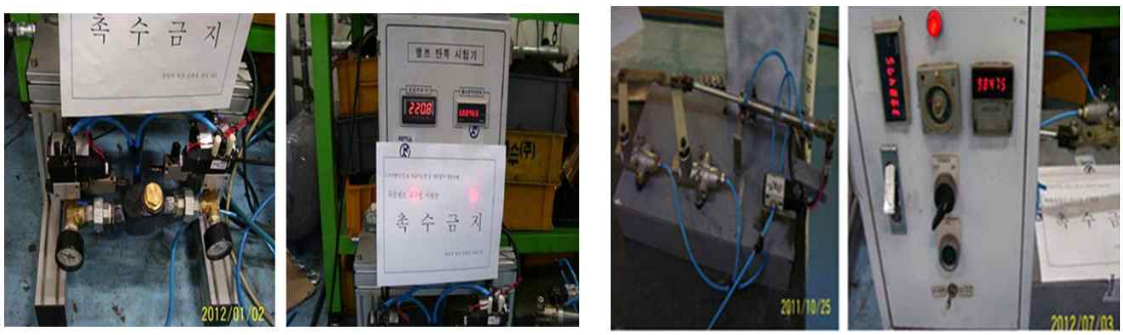
동력차용 패널 차단변

검수정보 기록			
검 사 일 : 2012 년 4 월 28 일	검 사 자 : 김종렬	확 인 자 : 김종렬	종합 판정 : 합격
차 호 :	제품 번호 :	자재 번호 :	

No.	시험항목별 확인사항 또는 허용치(Verification or values to be obtained)		측정 결과	시험 결과
1	누설시험	분리상태(닫힘) 1분간 누설량이 0.02bar 이내일것.	0.00 bar	합격
		공급상태(열림) 1분간 누설량이 0.02bar 이내일것.	0.01 bar	합격

MEMO

다. 레벨링밸브 및 차압밸브



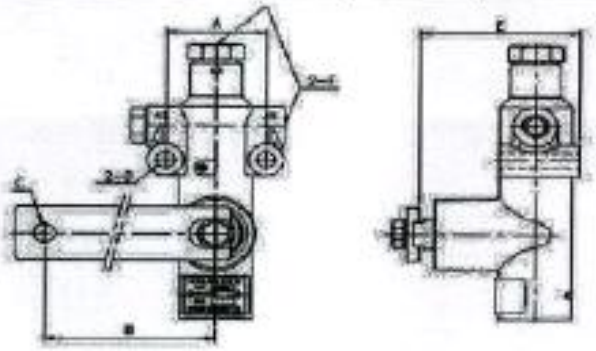
[그림 3.4.2 기타 현가장치 내구성 시험]

품 목	시작일	목표값	비고
레벨링밸브	‘11.10.19	50만회	‘12.8.31 완료
차압밸브	‘11.11.10	50만회	‘12.6.30 완료

<table>
<tr><td colspan="2"> </td><td>- 성적서 참조</td></tr>
<tr><td colspan="3">- 50만회 내구성시험 후 성능시험 실시결과 이상 없음.
- 내구성시험 후 각 부품들의 마모 정도를 확인해본 결과, O링과 같은 고무류는 미약하게 마모되었으나, 제품 성능에는 이상없음
- 밸브를 열어주는 동재질 부품에 마모가 약간 발생하였으나, 이상없음</td></tr>
<tr><td colspan="2"> </td><td>- 성적서 참조</td></tr>
<tr><td colspan="3">- 50만회 내구성시험 후 성능시험 실시결과 이상 없음.
- 내구성시험 후 각 부품들의 마모 정도를 확인해본 결과, 고무류와 부품들 모두 마모된 흔적은 발견할 수 없었음.
- 내구성시험 전 성능시험 결과와 별 차이 없이 매우 양호</td></tr>
</table>

■ 완성 검사 기준서

구 분	고속차량(KTX)용 제동장치	검사자	검 사	승 인
제작 회사	유 진 기 공 산 업 (주)		김명재	祖世東
품 명	레넬밸브			
형식 넘버	VL-LE-SU	검 사 일	2012. 08. 31	
로트 넘버	10	판 정	양호	

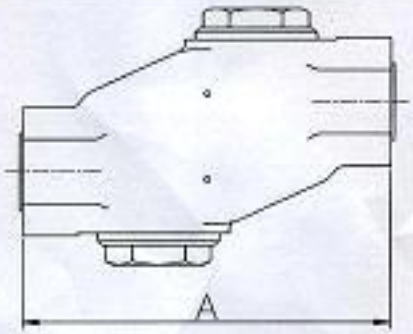


【대 표 도】

No.	검사항목	검사기준			측정치		비고
1	외관검사	사용상에 해로운 흠, 녹, 변형 및 오손이 없어야 한다.			양호		
2	치수검사	A	50±0.3mm		양호		
		B	160±0.2mm		양호		
		C	Φ10.2±0.3mm		양호		
		D	Φ9±1mm		양호		
		E	78±1.5mm		양호		
		F	M12x1.5 TAP		양호		
3	작동시험	충기 및 배기가 가능하면 양호로 한다.			양호		
4	누설시험	비눗물로 시험하여 충, 배기시 누설이 없을 것.			양호		
5	불감대시험	±40' 에서 ±1°20' 사이일 것.			+1° -1°		
6	유량시험	레버각도	4°±30'	10°±30'			
		충 기	65±30sec	7±2sec	49.6	6.5	단위 : 초
		배 기	135±60sec	13±3sec	158.4	11.5	단위 : 초
8	환경 시험	제품 규격서 참조			-		
9	진동 시험	제품 규격서 참조			-		

■ 완성 검사 기준서

구 분	고속차량(KTX)용 제동장치	검사자	검 사	승 인
제작 회사	유 진 기 공 산 업 (주)		김영재	相奎
품 명	차압밸브			
P / No.	VL-DF-SU	검 사 일	2012. 06. 30	
로트 넘버	11 - 7	판 정	양호	



【대 표 도】

No.	검사항목		검사기준		측정치	비고
1	외관검사		사용상에 해로운 흠, 녹, 변형 및 오손이 없어야 한다.		양호	
2	치수검사		A	114 ± 1(mm)	114.5mm	
3	몸체누설시험		1분간에 0.02bar 이내일 것		0.01bar 0.01bar	
4	공급부(A) 누설시험		1분간에 0.02bar 이내일 것		0.00bar	
5	공급부(B) 누설시험		1분간에 0.02bar 이내일 것		0.00bar	
6	공급부(A) 공급시 누설시험		1.25 ± 0.35bar		3.04bar 1.72bar	1.32bar (양호)
7	공급부(B) 공급시 누설시험		1.25 ± 0.35bar		1.74bar 3.05bar	1.31bar (양호)
8	환경 시험 (시험설치는 항온조의 안에 정규방법에 준해서 설치)	고온방치시험	70°C ± 2°C 의 시험온도에서 일정시간(부품의 자체온도가 안정 혹은 1시간) 후 상온에서 부품의 겉모양 변화를 조사하고 정상작동을 확인한다.			
		저온방치시험	-35°C ± 2°C 의 시험온도에서 일정시간(부품의 자체온도가 안정 혹은 1시간) 후 상온에서 부품의 겉모양 변화를 조사하고 정상작동을 확인한다.			
		고온동작시험	45°C ± 2°C 의 시험온도에서 일정시간(부품의 자체온도가 안정 혹은 1시간) 후 그 상태에서 정상작동을 확인한다.			
		저온동작시험	-25°C ± 3°C 의 시험온도에서 일정시간(부품의 자체온도가 안정 혹은 1시간) 후 그 상태에서 정상작동을 확인한다.			
9	진동 시험		KS R 9144 1B 철도차량부품의 진동시험 방법에 준하여 시험한후 성능시험을 하였을때 이상이 없어야 한다.			

라. 객차 및 동력대차 제동패널 조립체

[그림 3.4.3 객차 및 동력대차 제동패널 내구성 시험]

품 목	시작일	목표값	비고
객차대차 제동패널 조립체	'12.7.17	1차 2,005회	'12.9.19 완료
동력대차 제동패널 조립체	'12.9.21	1차 2,050회	'12.10.22 완료

	- 성적서 참조
- 과제기간 동안에는 각 패널별로 2,000회씩 순환하여 내구성 시험을 진행 - 오링과 각 부품들의 마모도를 확인해본 결과, 고무류나 부품 모두 양호	

객차 제동패널 검사 성적서

시험일자 : 2012 년 9 월 19 일	시험대상품 : 객차 제동 패널	검수종류 : 내구성시험후성능	최종판정
열관번호 : TR-02	작 업 자 : 김 종 호	검 사 자 : 노 용 수	O K

	시험항목	기 준 치	측정치	판 정
1	제동패널감압변	최종 충기압력 5.4±0.1bar	5.40	O K
2	BP를 통한 AR,CR 충기	4.8bar 충기시간 205±20초	211.73	O K
3	BP 기밀성	누설량 2분30초에 0.05bar 이하	0.03	O K
4	제어공기통의 기밀성	0.5bar 감압 시 제동체결(1bar 이상 일 것.)	1.22	O K
		PORT 6 (TP-PE-CO-01)의 압력 변화량이 2분 30초에 0.05bar 이하	0.01	O K
5	제동체결 민감도	BP 0.5bar, 감압 시 제동체결 하고, CR 감압량 0.05bar 이하일것.	0.04	O K
6	제동체결 비민감도	BP 0.3bar 감압에서 완해 유지 후 BC압력이 0.05bar 이하일것.	0.00	O K
7	분배변 리셋팅 확인	BP = 4.7bar에서 1분간 CR,BC 압력의 변화가 0.05bar 이하일것.	0.01	O K
		BP = 4.85bar에서 30초내에 PORT6 (TP-PE-CO-01)이 BP와 같을 것	0.51	O K
		BP = 4.85bar에서 PORT4 (TP-CO-BK-03) 압력은 0bar 일 것.	0.00	O K
8	제동시 최대 파일럿 압력 점검	TP-CO-BK-03=3.6±0.1bar	3.66	O K
9	중계변, 중계변 전자변	MV-PE-BK-02 ON 시 TP-PE-BK-04=3.01±0.1bar	2.97	O K
		MV-PE-BK-02 OFF 시 TP-PE-BK-04=3.6±0.1bar	3.88	O K
10	BC 체결 및 완해시간	TP-PE-BK-04=3.61bar, 제동시간 : 4±1초	3.07	O K
		TP-PE-BK-04=0.4bar, 완해시간 : 7±1초	6.30	O K
11	제동/완해 전자변	BP압력이 5bar 에서 3.5bar 까지 4±1초 일것.	3.72	O K
		BP압력이 3.5bar 에서 4.85bar 까지 4±1초 일것.	4.83	O K
12	BP 및 AR 기밀시험	MV-PE-BK-02 ON 시 TP-PE-AUX-02 누설량 2분간 0.2bar이하	0.00	O K
		MV-PE-BK-02 OFF 시 TP-PE-AUX-02 누설량 2분간 0.2bar이하	0.00	O K
13	패널자동배출변	배출변 동작 후 TP-CO-BK-03=TP-PE-CO-01=0.05bar 이내일것.	-0.01	O K

[메 모]

동력차 제동패널 검사 성적서

시험일자 : 2012년 10월 22일	시험대상품 동력차 제동패널	검수종류 : 내구성시험후성능	최종판정
일련번호 : PC-02	작업자 : 김홍호	검사자 : 노용수	OK

	시험항목		기준치	측정치	판정
1	BP 기밀 시험		2분30초에 누설량 0.05bar 이하	0.01	OK
2	GVI-CO-BK-01 작동검사		0mA → 3.8±0.1bar	3.71	OK
			200mA → 0.0bar	0.00	OK
3	VA-SL-BK-01 작동검사		5.4±0.1bar	5.36	OK
4	MV-PE-BK-01 작동검사		S/W OFF → 1.6±0.1bar	1.55	OK
			S/W ON → 3.6±0.1bar	3.70	OK
5	BC-AR회로 기밀 시험		2분에 누설량 0.20bar 이하	0.02	OK
			MV-PE-BK OFF 후, 2분에 누설량 0.20bar 이하	0.01	OK
6	BP 압력센서 신호변화		BP:0bar → 전류값:3.6~5.1mA	4.02	OK
			BP:5bar → 전류값:16.9~18.5mA	17.28	OK
7	PS-EM-BK-01 작동검사		누설시 BP 2.5±0.1bar에서 동작	2.54	OK
			복귀시 BP 3.0±0.1bar에서 동작	2.99	OK
8	제동전환밸 작동검사		0bar 조정후, MV-SW-BK OFF 시 2분간 0 bar 유지할 것.	———	OK
			TP-CO-BK-02 압력의 상승 변화순간 BP 압력 : 2.8 ±0.2bar	2.69	OK
			TP-CO-BK-02 압력의 하강 변화순간 BP 압력 : 3.6 ±0.2bar	3.64	OK
9	제동배출밸 작동검사		RP, BP 차단 후 배출밸 동작 시 0bar로 감압여부 확인	———	OK
10	제동체결 및 완해 시간		CY-BK압력이 0bar → 3bar : 2 초이내	0.28	OK
			CY-BK압력이 3bar → 0.4bar : 2 초이내	1.71	OK
11	활주방지밸시험 (VA-AE-PC-01)	공급	GVI-CO-BK-01 100mA 일때 CY 압력.	2.50	
		배기 1	활주제어밸의 배기 1번 시험시 이상없을 것.	-0.02	OK
		유지 1	활주제어밸의 유지 1번 시험시 이상없을 것.	-0.01	OK
		복귀 1	활주제어밸1의 복귀 시험시 이상없을 것.	2.52	OK
		배기 2	활주제어밸의 배기 2번 시험시 이상없을 것.	-0.02	OK
		유지 2	활주제어밸의 유지 2번 시험시 이상없을 것.	-0.01	OK
		복귀 2	활주제어밸2의 복귀 시험시 이상없을 것.	2.51	OK
12	VA-EM-BP-01 작동검사		BP 비상 배출 확인.	———	OK

[메모]

마. 기관사 제동패널 및 공압보조패널 조립체

[그림 3.4.4 기관사 제동패널 및 공압보조패널 내구성 시험]

품 목	시작일	목표값	비고
기관사 제동패널 조립체	‘12.10.22	1차 2,003회	‘12.11.22 완료
공압보조패널 조립체	‘12.11.23	1차 2,000회	‘12.12.2 완료

기관사 제동패널 검사 성적서

시험일자 : 2012 년 11 월 22 일	시험대상품 : 기관사 제동패널	검수종류 : 내구성시험후성능	최종판정
일련번호 : DR-02	작업자 : 김종호	검사자 : 노용석	OK

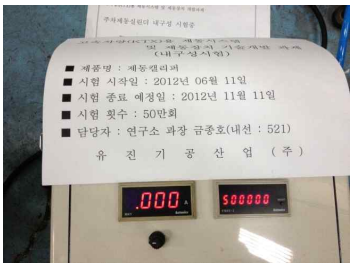
	시험항목	기준치	측정치	판정
1	Rp 기밀성 시험	2분간 누설량 < 0.3bar	0.00	OK
2	기관사 제동변 기동	2.9 ~ 3.25bar	3.21	OK
3	파일롯 압력변 (VA-SL-PN-01)	5.0± 0.05	5.00	OK
4	BP 기밀성 점검	2분간 누설량 < 0.15bar	0.03	OK
5	BP 공급차단확인	BP 압력상승 여부	0.00	OK
		ER 감압 여부	0.00	OK
6	ER 기밀성 점검 (MV-BN-GR-01)	2분간 누설량 < 0.05bar	0.01	OK
7	중립 시 불완해 점검	완해 여부 (불완해기 정상임)	——	OK
8	제동체결 및 완해시간 점검	ER 3.5bar로 감압시간 < 4±1초	4.28	OK
		ER 4.85bar로 충기시간 < 5±1초	5.12	OK
9	PS-BK-CO-01	제동 시, TRAILER BRAKE MAGNET ON LED : OFF TRAILER RELEASE MAGNET ON LED : OFF	——	OK
		제동후 힘, TRAILER BRAKE MAGNET ON LED : ON TRAILER RELEASE MAGNET ON LED : OFF	——	OK
		완해 시, TRAILER BRAKE MAGNET ON LED : ON TRALIER RELEASE MAGNET ON LED : ON	——	OK
		TRAILER BRAKE MEGNET ON LED:ON->OFF (Per≥Pbp+0.15b)	0.13	OK
		TRAILER BRAKE MEGNET ON LED:OFF->ON (Pbp-Per≤0.1b)	0.07	OK
		TRAILER RELEASE MEGNET ON LED:OFF->ON (Per≥Pbp+0.1b)	0.03	OK
		TRAILER RELEASE MEGNET ON LED:ON->OFF (Per-Pbp≤0.05b)	0.03	OK
10	1차 감압점검	1차 감압 후 5초이내 BP=4.5± 0.1bar 일것.	4.49	OK
		1차 감압 후 ER 감압량 0.35~0.6 bar 일것.	0.54	OK
11	자동리셋형 압력센서 점검	BP 계단 완해 시, 자동완해 압력 = 4.75 ~ 4.85bar	4.83	OK
12	과충기 취소	과충기압력 5.35~5.45bar 일것.	5.38	OK
		과충기 압력 = 0bar , 237 ~ 302초	170	OK

[메모]

바. 제동캘리퍼 및 주차제동실린더

[그림 3.4.5 제동캘리퍼 및 주차제동실린더 내구성 시험]

품 목	시작일	목표값	비고
제동캘리퍼	‘12.6.11	50만회	‘12.11.11 완료
주차제동실린더	‘12.6.11	50만회	‘12.11.11 완료

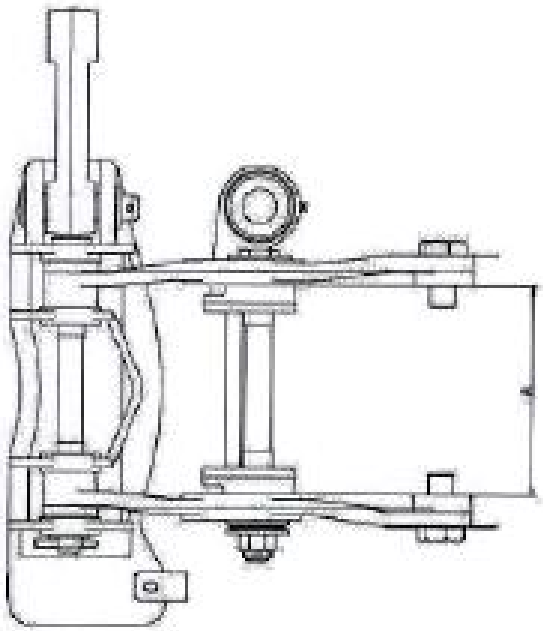


- 성적서 참조

- 내구성시험 후 오링과 각 부품들의 마모도를 확인해본 결과, 고무류나 부품 모두 마모된 흔적은 발견할 수 없었음.

■ 완성 검사 기준서

구 분	고속차량(KTX)용 제동장치	검사자	검 사	승 인
제작 회사	유 진 기 공 산 업 (주)		김 충 호	
품 명	제동캘리퍼			
형식 넘버		검 사 일	2012. 11. 11	
로트 넘버		판 정	양호	



【대 표 도】

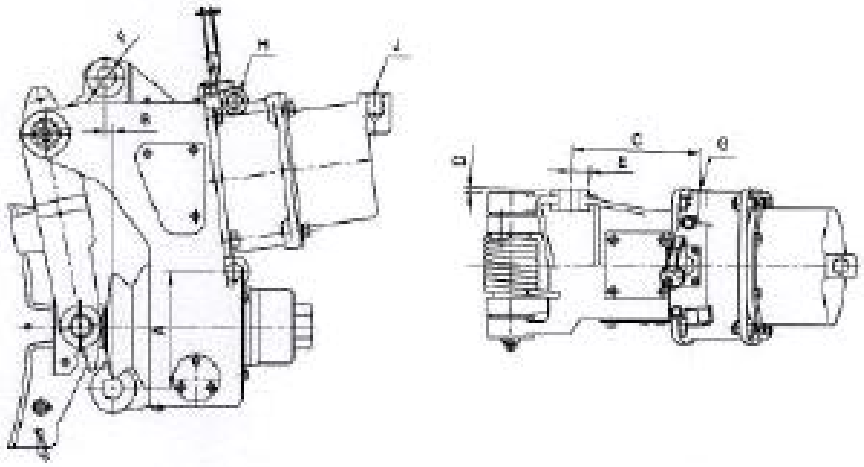
No.	검사항목	검사기준		측정치	비고
1	외관검사	사용상에 해로운 흠, 녹, 변형 및 오손이 없어야 한다.		양호	
2	치수검사	A	185 ± 0.5 (mm)	양호	
3	진동 시험	KS R 9144 4B 철도차량부품의 진동시험 방법에 준하여 시험한 후 외관검사를 하였을 때 이상이 없어야 한다.			

■ 완성 검사 기준서

구 분	고속철도차량(KTX)용 제동장치	검사자	검 사	승 인
제작 회사	유 진 기 공 산 업 (주)		김종호	[illegible]
품 명	주차제동 실린더			
도면 번호		검 사 일	2012. 11. 11	
수 량		판 정	양호	

No.	검사 항목			검사 기준	결과
1	외관검사			겉모양은 사용상 해로운 흠, 녹, 손상과 변형이 없어야 한다.	양호
2	누설시험	저압	상용/주차 (0.78bar)	압력강하가 2분간 0.1bar를 초과하지 않아야 한다.	0.01
		고압	상용(4.9bar)	압력강하가 2분간에 0.1bar를 초과하지 않아야 한다.	0
			주차(8.8bar)		0.01
3	자동간격시험			6 ± 1 mm	5.4
4	상용 제동 출력 성능시험			5회 측정 평균값이 2066~2216kgf	2158
5	주차 제동 출력 성능시험			5회 측정 평균값이 2243kgf 이상	2287
6	주차 제동 완해 압력시험			4.2bar 이하	3.6
7	주차 제동 수동 완해시험			주차제동이 완해되어야 함	완해됨
8	온도시험			KS R 9213에 의거함	-
9	진동시험			KS R 9144에 의거함	-
10	치수 검사	1	A	150 0/+0.15	150.12
		2	B	10 ± 0.1	9.9
		3	C	158 ± 0.15	158.07
		4	D	1.5°	1.5
		5	E	24 ± 0.1	24.1
		6	F	Ø25 0/+0.13	25.05

No.	검사 항목			검사 기준	결과
10	치수 검사	7	G	M24 x 2P	양호
		8	H	G1/2 TAP	양호
		9	J	G1/2 TAP	양호

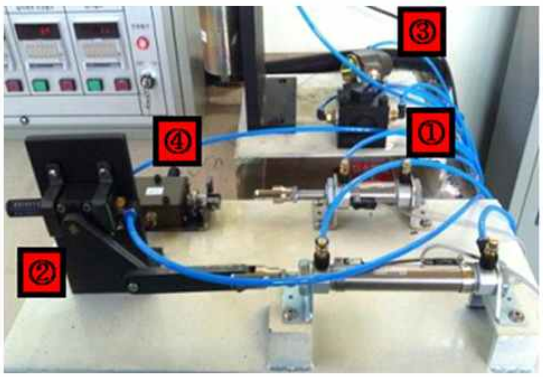


사. 기타 제동 및 현가장치

내구성 시험 횟수는 현차에서 사용되는 사용빈도와 검수주기, 잠재수명, 가혹한 조건을 산출해서 결정, 그 결과로 내구성 시험을 진행하여 목표값에 도달하면 우선 성능시험을 진행해 누설과 성능이 기준값에 적합한지를 확인하였다.

개발품 7종 모두 합격했다. 이후 분해검사를 진행해 오링, 다이아프램 및 고무류를 확인한 결과 이상이 없음을 확인했다.

고무특성상 사용 환경(온도), 사용빈도, 마찰관계 등에 따라 내구성이 결정된다. 제작사에서 개발한 7종은 외부의 영향이 적고 사용빈도가 적으므로 고무의 내구성은 올라간다.



[그림 3.4.6 기타 현가장치 내구성 시험]

품 목	시작일	목표값	비고
1. 주차제동보호밸브	'12.3.12	1만회	'12.10.6 완료
2. 차단코크	'12.3.12	5천회	'12.8.23 완료
3. 공기필터	'12.3.12	1만회	'12.10.6 완료
4. 높이제한밸브	'12.3.12	5천회	'12.9.7 완료
5. 압력스위치	'12.3.12	5천회	'12.9.7 완료

- **주차제동보호밸브**
- 1만회 시험 후 분해
- 다이아프램 상태 양호
- 성적서 참조

- 주차제동밸브의 잠재수명은 12년
- 밸브의 동작은 비상제동체결을 방지해주는 역할
- 평소에는 작동하지 않고 공기가 들어가 위에 보이는 다이아프램을 압력에 의해 팽창하거나 수축해 동작이 이루어짐

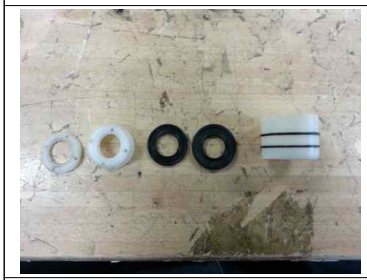
- 재질은 EPDM을 사용하여 내구성이 뛰어남
- 내구성 시험을 1만회 진행 후 성능시험을 진행하여 누설시험 및 성능시험 확인 결과 합격
- 분해하여 육안검사 이상이 없음을 확인, 다이아프램에 및 주차제동밸브에 이상이 없음을 확인

- **차단코크**
- 5천회 시험후 분해사진
- 오링상태 양호
- 성적서 참조

- 차단코크의 잠재수명은 12년, 단순한 코크
- 평상시에는 차단되어 실제로는 차량 운행중 사용되지 않음
- 핸들을 이용하여 밸브를 ON/OFF 시켜 동작시키면, 회전축이 회전하며 오링이 누설을 잡아주는 역할
- 내구성 시험(밸브를 열고 닫음)을 5천회 진행 후 성능시험을 하여 누설시험을 진행 한 결과 합격
- 분해하여 오링 및 내부를 육안 검사한 결과 이상이 없음을 확인
- 잠재수명을 고려한 내구성 시험결과 오링 및 차단코크에 이상이 없음을 확인 (오링은 부품분해 시 교환)

- **공기필터**
- 1만회 시험후 분해사진
- 내부 상태 양호
- 성적서 참조

- 공기필터의 잠재수명은 12년, 단순필터 임
- 현가장치에 연결되어 작동기기 내부로 흘러들어가는 압축공기 불순물을 사전에 방지해주는 역할
- 내구성 시험 후 분해하여 육안 검사한 결과 이상없음을 확인



- **높이제한밸브**
- 5천회 시험 후 분해
- 씰링 및 오링 상태양호
- 성적서 참조

- 높이제한 보호밸브의 잠재수명은 6년
- 현가장치 레벨링 밸브 고장 시 차체가 과다하게 상승하는 것을 방지하는 일종의 안전장치 역할
- 로드를 당겨 현수장치쪽 공기를 배출하는 구조, 씰이 로드의 누설을 잡아줌

<table>
<tr><td colspan="3">- 로드의 왕복운동으로 내구성 시험을 진행
- 밸브의 누설시험 및 성능시험을 진행한 결과 합격
- 씰링 및 내부를 육안으로 검사한 결과, 이상이 없음
- 잠재수명을 고려한 내구성 시험결과 씰링 및 오링에 이상이 없음을 확인</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td><td>- 압력스위치
- 5천회 시험 후 분해
- 다이아프램 상태 양호
- 성적서 참조</td></tr>
<tr><td colspan="3">- 압력스위치의 잠재수명은 12년
- 운행 중 압력은 항시 정상압력 4bar이상을 유지, 2bar밑으로 떨어지는 비정상적인 압력을 감지하는데 그런 경우는 극히 적음
- 다이아프램은 압력을 감지하는 역할, 재질은 EPDM을 사용하여 내구성 우수
- 반복적으로 공기압력을 투입 및 배출을 반복하여 내구성 시험 진행
- 시험을 완료한 후 누설시험 및 성능시험을 진행하여 합격
- 부품을 분해하여 다이아프램 및 내부를 육안으로 검사한 결과, 이상없음
- 잠재수명을 고려한 내구성 시험결과, 다이아프램 및 압력스위치에 이상없음</td></tr>
</table>

검사 성적서(Inspection Report)

주차 제동 보호 밸브

검수정보 기록			
검 사 일 : 2012 년 10 월 6 일	검 사 자 : 김종렬	확 인 자 : 김종렬	종합 판정 : 합격
차 호 :	제품 번호 :	자재 번호 :	

No.	시험항목별	확인사항 또는 허용치(Verification or values to be obtained)		측정 결과	시험 결과
1	기밀 시험	공급측 : 1분간 누설량이 0.02 bar 이하일 것.		0.00bar	합격
		출력측 : 1분간 누설량이 0.02bar 이하일 것.		0.00bar	합격
2	작동 시험	5.4 ~ 3.5bar 배기 중 유지 압력 : 3.50± 0.20 bar 이내 일것		3.41bar	합격
		5.4 ~ 3.5bar 배기시간 : 6.00~10.00 초 이내 일것.		9.06초	합격
		3.5bar 유지 시간 : 3.00~ 5.00 초 이내 일것.		3.88초	합격
		3.5 ~ 0.5bar 배기시간 : 40.00~50.00 초 이내 일것.		45.37초	합격
3	감도 시험	오리피스 Φ2.7로 공급하며, 오리피스 Φ6.0로 배기시에 공급측압력(M4) < 2.50 bar, 배기측압력(M5) < 1.00 bar 이어야 한다. 5회 실시하여 이상이 없어야 한다.	1회 감도 시험	▶ M4 : 0.35bar, M5 : 0.20ba	합격
			2회 감도 시험	▶ M4 : 0.35bar, M5 : 0.19ba	합격
			3회 감도 시험	▶ M4 : 0.35bar, M5 : 0.20ba	합격
			4회 감도 시험	▶ M4 : 0.35bar, M5 : 0.19ba	합격
			5회 감도 시험	▶ M4 : 0.35bar, M5 : 0.20ba	합격

MEMO

내구성 시험 주차제동보호밸브 10,000회 후 성능시험 합격.

검사 성적서(Inspection Report)

차단코크

검수정보 기록			
검 사 일 : 2012 년 8 월 23 일	검 사 자 : 김종렬	확 인 자 : 김종렬	종합 판정 : 합격
차 호 :	제품 번호 :	자재 번호 :	

No.	시험항목별 확인사항 또는 허용치(Verification or values to be obtained)			측정 결과	시험 결과
1	누설 시험	닫힘상태	1분간 누설량이 0.02bar 이내 일것.	0.01bar	합격
		열림상태	1분간 누설량이 0.02bar 이내 일것.	0.01bar	합격

MEMO

내구성 시험 5,000회 이후 성능 시험 합격.

검사 성적서(Inspection Report)

공기 필터

검수정보 기록			
검 사 일 : 2012 년 10 월 6 일	검 사 자 : 김종렬	확 인 자 : 김종렬	종합 판정 : 합격
차 호 :	제품 번호 :	자재 번호 :	

No.	시험항목별 확인사항 또는 허용치(Verification or values to be obtained)		측정 결과	시험 결과
1	누설 시험	1분간 누설량이 0.02bar 이하 일것.	0.01bar	합격

MEMO

공기필터 내구성 시험 10,000회 후 성능시험 합격.

검사 성적서(Inspection Report)

LIMITATION VALVE(높이제한밸브)

검수정보 기록			
검 사 일 : 2012 년 10 월 6 일	검 사 자 : 김종렬	확 인 자 : 김종렬	종합 판정 : 합격
차 호 :	제품 번호 :	자재 번호 :	

No.	시험항목별	확인사항 또는 허용치(Verification or values to be obtained)	측정 결과	시험 결과
1	기밀 시험	정상 상태 : 1분간 누설량이 0.02 bar 이하 일것.	0.00bar	합격
		시험규격 : 압력차 0.20bar 이하 일것.	0.01bar	합격
2	작동 시험	높이 제한 밸브 동작 전 공급 압력 투입시 출력압력 0.05bar 이하일 것.	0.01bar	합격
		높이 제한 밸브 동작 후 공급압력과 출력압력 동일 할 것. 시험규격 : 압력차 0.2bar 이하일것.	0.01bar	합격

MEMO

높이제한밸브 내구성 시험 5,000회 후 성능시험 합격.

검사 성적서(Inspection Report)

압력 스위치

검수정보 기록			
검 사 일 : 2012 년 10 월 6 일	검 사 자 : 김종렬	확 인 자 : 김종렬	종합 판정 : 합격
차 호 :	제품 번호 :	자재 번호 :	

No.	시험항목별 확인사항 또는 허용치(Verification or values to be obtained)		측정 결과	시험 결과
1	누설시험	1분간 누설량이 0.02bar 이하 일것.	0.00bar	합격
2	작동 시험	충기 : 2.50 + 0.30 점등.	2.63bar	합격
		배기 : 2.00 - 0.30 점등.	1.89bar	합격
3	절연시험	AC 1500V를 1분간 스위치 접점부와 외함간에 가하여 이상이 없을것.		

MEMO

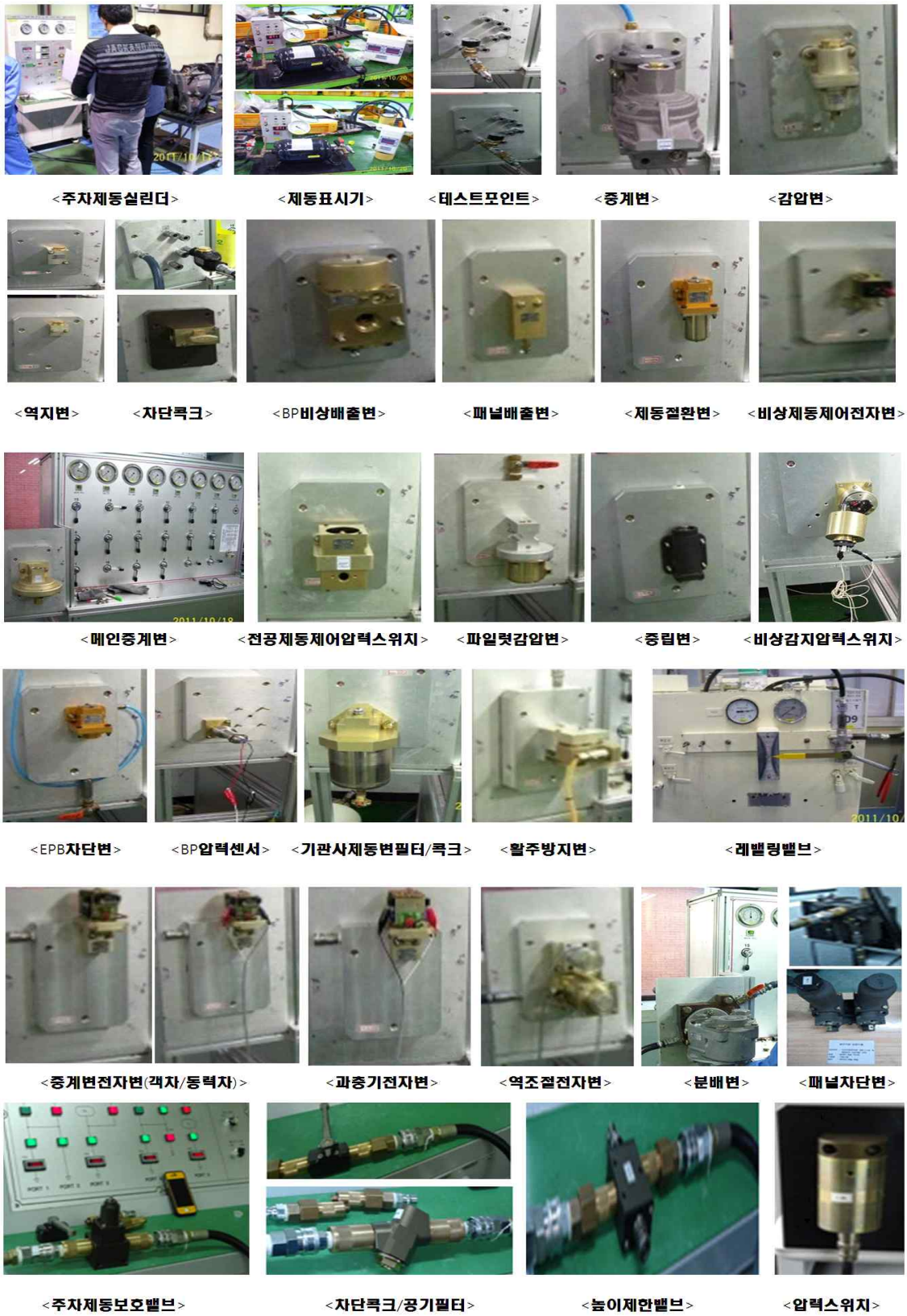
압력스위치 내구성 시험 5,000회 후 성능시험 합격.

제5절 진동·환경시험 및 공인기관 검사

개 발 품 목			도면 (매)	공장 시험	단품시험 공인입회	공인기관입회시험(로테코) 완료					비 고
						진동 시험	저온 방치	고온 방치	저온 동작	고온 동작	
객차대차제동패널	1	중계변 전자변	59	'11.09.30	'11.10.13	제동패널에 조립된 상태로 시험 진행					
	2	테스트포인트(小)	14	'11.07.04	'11.10.04						
	3	EPB차단변	26	'11.08.29	'11.10.10						
	4	역지밸브(大)	9	'11.07.13	'11.10.04						
	5	C3W 분배밸브	148	'11.12.08	'11.12.16						
	6	중계밸브	59	'11.07.09	'11.10.10						
	7	감압변	26	'11.07.12	'11.10.10						
동력대차제동패널	8	중계변 전자변	56	'11.09.30	'11.10.27						
	9	BP비상배출밸브	47	'11.07.23	'11.10.12						
	10	역지밸브(小)	9	'11.07.14	'11.10.04						
	11	활주방지변	55	'11.09.02	'11.10.13						
	12	비상감지 압력스위치	36	'11.09.02	'11.10.12						
	13	역조절전자변	78	'11.09.30	'11.10.27						
	14	제동절환변	32	'11.07.29	'11.10.10						
	15	패널배출변	14	'11.07.27	'11.10.10						
	16	BP압력센서	6	'11.08.05	'11.10.14						
	17	테스트포인트(大)	15	'11.07.05	'11.10.04						
기관사제동패널	18	과충기전자변	55	'11.09.30	'11.10.20						
	19	BP1차감압리셋팅압력스위치	28	'11.08.12	'11.10.12						
	20	전공제동제어압력스위치	55	'11.08.04	'11.10.14						
	21	메인중계변	37	'11.08.12	'11.10.20						
	22	BP자동충기압력스위치	23	'11.08.16	'11.10.20						
	23	파일럿감압변	44	'11.08.01	'11.10.14						
	24	중립변	27	'11.08.01	'11.10.12						
공압보조패널	25	비상제동제어전자변	30	'11.08.27	'11.10.12						
	26	살사차단콕크	24	'11.07.25	'11.10.06						
	27	기관사제동변차단콕크	24	'11.07.16	'11.10.20						
	28	기관사제동변필터	24	'11.07.18	'11.10.18						
	29	필터배출콕크	15	'11.07.18	'11.10.18						
패널조립체	30	*객차대차제동패널조립체*	16	'11.08.30	'11.12.23	'12.02.20	'12.02.29	'12.03.14	'12.05.03	'12.03.21	
	31	동력대차제동패널조립체	21	11.09.27	'11.12.23	'12.02.29	'12.02.14	'12.03.13	'12.04.23	'12.03.14	
	32	기관사제동패널조립체	38	'11.09.23	'11.12.23	'12.04.10	'12.02.14	'12.03.13	'12.04.03	'12.04.4	
	33	공압보조패널조립체	18	'11.09.7	'11.12.23	'12.02.16	'12.02.20	'12.02.17	'12.04.10	'12.04.30	
현가장치및기초제동장치	34	객차활주방지장치	77	-	-	-	-	-	-	-	
	35	이중제동표시기	51	'11.09.30	'11.10.20	-	-	-	-	-	기설계입증자료
	36	제동캘리퍼	47	-	-	'12.03.02	-	-	-	-	
	37	제동완해표시기	51	'11.09.30	'11.10.20	-	-	-	-	-	기설계입증자료
	38	주차제동실린더	54	'11.09.30	'11.10.12	-	-	-	-	-	
	39	레벨링밸브	41	'11.09.30	'11.10.20	'12.02.07	'12.2.20	'12.3.14	'12.2.24	'12.3.22	
	40	차압밸브	16	'11.07.28	'11.10.21	'12.01.31	'120.2.02	'12.3.14	'12.2.3	'12.3.20	
	41	객차용MR/BP차단변	16	'11.09.20	'11.10.20	'12.01.18	'12.03.07	'12.3.7	'12.3.7	'12.3.7	
	42	동력차용MR/BP차단변	14	'11.08.16	'11.10.20	'12.01.18	'12.01.20	'12.1.20	'12.01.20	'12.01.20	
	43	주차제동보호밸브	15	'11.08.31	'11.10.20	'12.01.18	'12.01.20	'12.1.20	'12.01.20	'12.01.20	
	44	차단콕크	8	'11.06.21	'11.10.20	'12.01.18	'12.01.20	'12.1.20	'12.01.20	'12.01.20	
	45	공기필터	5	'11.08.01	'11.10.20	'12.01.18	'12.01.20	'12.1.20	'12.01.20	'12.01.20	
	46	높이제한보호밸브	15	'11.08.31	'11.10.20	'12.01.18	'12.3.7	'12.3.7	'12.03.07	'12.03.07	
	47	압력스위치	10	'11.08.04	'11.10.20	'12.01.18	'12.03.0	'12.03.07	'12.03.07	'12.03.07	
합 계		**47**	**1588**	**45**	**45**	**14**	**13**	**13**	**13**	**13**	

[그림 3.5.1 단품 공장시험]

[그림 3.5.2 패널조립체에 대한 공인인증기관 검사]



[그림 3.5.3 단품 성능시험]

• KSR 9144(1B) **차체부착**, **가속도 온진폭** –**공진** 0.5G, **진동내구시험** 0.7G

기관사제동패널 : X**축 진동시험**(1) → Y**축 진동시험** (2) → Z**축 진동시험**(3)

• KSR 9144(1B) **차체부착**, **가속도 온진폭** –**공진** 0.5G, **진동내구시험** 0.7G

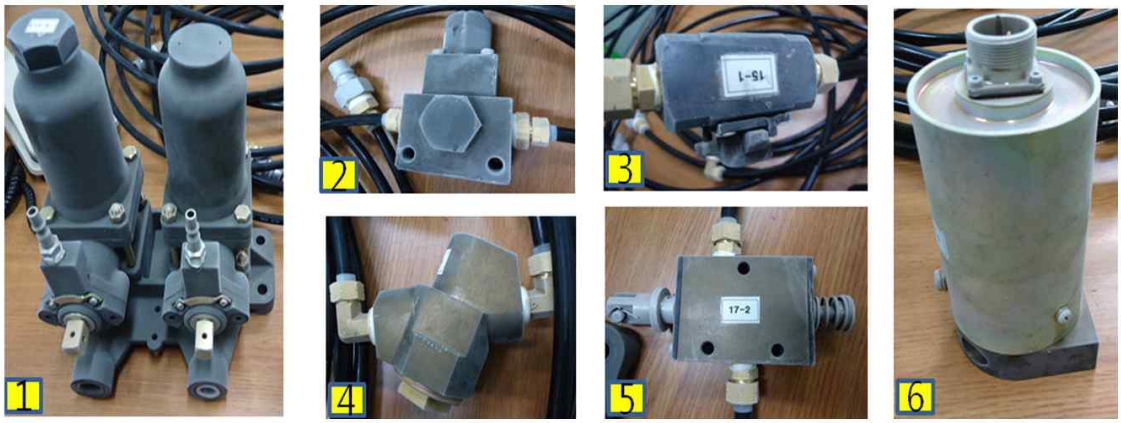
1. **차압밸브 진동시험**
2. **레벨링밸브 진동시험**
3. **객차대차패널 진동시험**
4. **동력대차패널 진동시험**
5. **공압보조패널 진동시험**

• KSR 9144(4B) **대차프레임**, **가속도 온진폭** –**공진** 5G, **진동내구시험** 7.2G

제동캘리퍼 : X**축 진동시험**(1) → Y**축 진동시험** (2) → Z**축 진동시험**(3)

[그림 3.5.4 진동시험]

· KSR 9213 : 고온방지 70℃, 저온방지 -35℃, 고온동작 40℃, 저온동작 -25℃



1. **차단변** 2. **주차제동보호밸브** 3. **차단콕크** 4. **공기필터** 5. **높이제한밸브** 6. **압력스위치**

1. **객차제동패널** 2. **동력차제동패널** 3. **기관사제동패널** 4. **공압보조패널** 5. **차압밸브** 6. **레벨링밸브**

[그림 3.5.5 환경시험]

사단법인 한국철도차량엔지니어링
KOREA ROLLING STOCK TECHNICAL CORPORATION

본 사
전 화 : (031) 269-5452
팩 스 : (031) 269-5453

검사본부
전 화 : (031) 207-7799
팩 스 : (031) 269-6377

검 사 용 역 증 명 서
(CERTIFICATE OF INSPECTION SERVICE)

발행번호 : (CERTIFICATE NO.) RTC - 12 - 027 **발행일자 :** (ISSUED DATE) 2012. 03. 29.

발 주 자	(CONSIGNEE)	:	한국건설교통기술평가원
사 용 자	(END USER)	:	한국건설교통기술평가원
공 급 자	(SUPPLIER)	:	금천시스템 주식회사
제 작 자	(MANUFACTURER)	:	금천시스템 주식회사
제작계약번호	(CONTRACT NO.)	:	-
검 사 장 소	(PLACE OF INSPECTION)	:	금천시스템 주식회사
검 사 기 간	(DATES OF INSPECTION)	:	2011. 09. 26. ~ 2012. 03. 22.

품명 및 규격 (DESCRIPTION)	객차패널차단변 외 6종 (별첨 참조) 제작사 사양
수 량 (QUANTITY)	별첨 참조
비 고 (REMARKS)	별첨 참조

Inspections are carried out to the best of our knowledge and ability and our responsibility is limited to the exercise of reasonable care.

검 사 사 항 (Inspections)

1. 공 정 및 치 수 검 사 : 양 호
   (Dimension & Measurement)

2. 외 관 및 구 조 검 사 : 양 호
   (Visual & Construction)

3. 성 능 및 작 동 검 사 : 양 호
   (Performance & Operatings)

4. 품 질 검 사
   (Quality Test)

   가. 물 리 시 험 : –
   (Physical Test)

   나. 화 학 시 험 : –
   (Chemical Analysis)

5. 조 립 검 사 : –
   (Assemblings)

6. 도 장 검 사 : –
   (Paintings)

7. 표 기 검 사 : 양 호
   (Markings)

8. 중량 및 주요 치수 : –
   (weight & Measurement)

9. 시 운 전 검 사 : –
   (Operational Running Test)

10. 포 장 검 사 : –
    (Packing)

상기물품은 우리 법인의 검정을 필하였으며 그 성적은 위와 같이 양호하고 한국건설교통기술평가원 승인 도면, 사양서, 계약서의 모든 조건에 부합됨을 증명함.

(By the results of our inspection and testing conducted, We hereby certify that the commoditieds described herein are in conformity to the commodity descriptions in the contract and the marking requirements have been duly complied with under the contract.)

사단법인 한국철도차량엔지니어링 이사장

[별 첨]

한국건설교통기술평가원 KTX 밸브장치 1식 목록

품 명	제 품 No.	수 량 (EA)	비 고
객차패널차단변	12-1	1	
동력차패널차단변	13-1	1	
주차제동보호밸브	14-1	1	
차단코크	15-1	1	
공기필터	16-1	1	
높이제한밸브	17-1	1	
압력스위치	18-1	1	
계	-	7	

사단법인 한국철도차량엔지니어링
KOREA ROLLING STOCK TECHNICAL CORPORATION

본 사
전 화 : (031) 269-5452
팩 스 : (031) 269-5453

검사본부
전 화 : (031) 207-7799
팩 스 : (031) 269-6377

검 사 용 역 증 명 서
(CERTIFICATE OF INSPECTION SERVICE)

발행번호 : (CERTIFICATE NO.) RTC - 12 - 035 **발행일자 :** (ISSUED DATE) 2012. 5. 07.

발 주 자 (CONSIGNEE)	:	한국건설교통기술평가원
사 용 자 (END USER)	:	한국건설교통기술평가원
공 급 자 (SUPPLIER)	:	유진기공산업 주식회사
제 작 자 (MANUFACTURER)	:	유진기공산업 주식회사
제작계약번호 (CONTRACT NO.)	:	-
검 사 장 소 (PLACE OF INSPECTION)	:	유진기공산업 주식회사
검 사 기 간 (DATES OF INSPECTION)	:	2011. 9. 26 ~ 2012. 5. 07

품명 및 규격 (DESCRIPTION)	고속차량(KTX)밸브장치 1식 제작서 사양
수 량 (QUANTITY)	별첨 참조
비 고 (REMARKS)	제품 NO. : 별첨 참조

Inspections are carried out to the best of our knowledge and ability and our responsibility is limited to the exercise of reasonable care.

검 사 사 항 (Inspections)

1. 공 정 및 치 수 검 사 : 양 호
   (Dimension & Measurement)

2. 외 관 및 구 조 검 사 : 양 호
   (Visual & Construction)

3. 성 능 및 작 동 검 사 : 양 호
   (Performance & Operatings)

4. 품 질 검 사
   (Quality Test)

   가. 물 리 시 험 : –
   (Physical Test)

   나. 화 학 시 험 : –
   (Chemical Analysis)

5. 조 립 검 사 : –
   (Assemblings)

6. 도 장 검 사 : –
   (Paintings)

7. 표 기 검 사 : 양 호
   (Markings)

8. 중량 및 주요 치수 : –
   (weight & Measurement)

9. 시 운 전 검 사 : –
   (Operational Running Test)

10. 포 장 검 사 : –
    (Packing)

ROTECO

상기물품은 우리 법인의 검사를 필하였으며 그 성적은 위와 같이 양호하고 한국건설교통기술평가원 승인 도면, 사양서, 계약서의 모든 조건에 부합됨을 증명함.

(By the results of our inspection and testing conducted, We hereby certify that the commoditieds described herein are in conformity to the commodity descriptions in the contract and the marking requirements have been duly complied with under the contract.)

사단법인 한국철도차량엔지니어링 이사장

[별 첨]

KTX밸브장치 1식 목록

순	품 명	제품 No.	수량(EA)	비고
1	객차대차 제동패널 Ass'y	TR-02	1	
2	중계변 전자변	1-1-25	1	
3	테스트포인트(小)	1-4-1	1	
4	EPB 차단변	1-5-1	1	
5	역지밸브(大)	1-6-5	1	
6	분배변	1-7-1	1	
7	중계변	1-8-2	1	
8	감압변	1-9-12	1	
9	동력대차 제동패널 Ass'y	PC-02	1	
10	중계변 전자변	2-1-6	1	
11	BP 비상배출변	4-1-2	1	
12	역지밸브(小)	2-5-7	1	
13	활주방지변	2-6-1	1	
14	비상감지압력스위치	2-7-2	1	
15	역조절전자밸브	2-8-1	1	
16	제동절환변	2-9-2	1	
17	패널배출변	2-15-5	1	
18	BP 압력센서	2-14-2	1	
19	테스트포인트(大)	2-15-1	1	
20	기관사 제동패널 Ass'y	DR-02	1	
21	과충기 전자변	3-3-1	1	
22	BP1차감압리셋팅압력스위치	3-5-3	1	
23	전공제동제어 압력스위치	3-7-2	1	
24	메인중계변	3-9-1	1	
25	BP 자동충기 압력스위치	3-10-3	1	
26	파일럿감압변	3-11-1	1	
27	중립변	3-12-2	1	
28	공압 보조패널 Ass'y	AUX-02	1	
29	비상제동제어 전자변	4-2-4	1	
30	살사 차단콕크	4-6-4	1	
31	기관사 제동변 차단콕크	4-7-2	1	
32	기관사 제동변 필터	4-10-1	1	
33	이중제동표시기	6-1	1	
34	제동캘리퍼	-	1	
35	제동완해표시기	8-1	1	
36	주차제동 실린더	T001	1	
37	레벨링밸브	10-1	1	
38	차압밸브	11-1	1	
계		-	38	

제6절 유지보수매뉴얼 작성 및 유지보수비용 산정

1. 유지보수매뉴얼 작성

고객, 환경, 미래와 소통하는 국민기업 코레일!

KORAIL 한국철도공사 연구원 청렴@세상

수신자 수신자참조
(경유)
제목 국가R&D KTX제동장치 개발품 유지보수매뉴얼 완료에 따른 의견조회

국가R&D 「고속차량(KTX)용 제동시스템 및 제동장치 기술개발」 과제의 연구성과물인 'KTX제동장치 국산화 개발품 유지보수매뉴얼(61종)'이 완료에 따른 의견을 조회하오니 검토 후 회신하여 주시기 바랍니다.

붙임 1. KTX제동장치 개발품 유지보수매뉴얼 리스트 1부.
2. 유지보수매뉴얼(현가장치 7종) 1부.
3. 유지보수매뉴얼(패널조립체 및 기초제동장치 54종) 1부(별송). 끝.

한국철도공사 연구원장

수신자 차량기술만장(고속차량처장), 수도권철도차량정비만장(중립완전처장), 수도권철도차량정비만장(고속정비센터장), 수도권철도차량정비만장(고속중정비센터장), 부산철도차량정비만장(중립완전처장), 부산철도차량정비만장(고속차량정비센터장)

차장 김 성 부장 정연일 기술연구처장 전결 10/05

협조자

시행 기술연구처-1777 (2012.10.05.) 접수 ( )

우 300-060 대전 동구 중앙로 242. / http://www.korail.com

전화 042-615-4732 /전송 02-361-6542 / soijn71@korail.com / 공개

유지보수매뉴얼 품목 리스트		문서번호	작성일	비 고
객차 대차 제동 패널	중계밸브전자밸브(객차)	KB-M-1-1	2012.7.11	
	완해전자밸브(객차)	KB-M-1-2	2012.7.12	
	제동전자밸브(객차)	KB-M-1-3	2012.7.13	
	테스트포인트(소)	KB-M-1-4	2012.6.22	
	EPB차단밸브	KB-M-1-5	2012.7.4	
	역지밸브(대)	KB-M-1-6	2012.5.31	
	분배밸브	KB-M-1-7	2012.6.26	
	중계밸브(객차)	KB-M-1-8	2012.8.9	
	공급감압밸브(객차)	KB-M-1-9	2012.6.13	
동력 대차 제동 패널	중계밸브전자밸브(동력)	KB-M-2-1	2012.7.19	
	혼합제동전자밸브(동력)	KB-M-2-2	2012.7.20	
	BP비상배출밸브	KB-M-2-3	2012.6.11	
	테스트포인트(소)	KB-M-2-4	2012.6.22	
	역지밸브(소)	KB-M-2-5	2012.6.1	
	활주방지밸브	KB-M-2-6	2012.8.9	
	비상감지압력스위치	KB-M-2-7	2012.7.6	
	역조절전자밸브	KB-M-2-8	2012.7.27	
	제동전환밸브	KB-M-2-9	2012.7.3	
	중계밸브(동력)	KB-M-2-10	2012.8.7	
	역지밸브(대)	KB-M-2-11	2012.5.31	
	패널배출밸브	KB-M-2-12	2012.6.27	
	공급감압밸브(동력)	KB-M-2-13	2012.6.13	
	BP압력센서	KB-M-2-14	2012.7.2	
	테스트포인트(대)	KB-M-2-15	2012.6.30	
기관사 제동 패널	제동제어전자밸브(기관사)	KB-M-3-1	2012.7.16	
	완해제어전자밸브(기관사)	KB-M-3-2	2012.7.16	
	과충기전자밸브(기관사)	KB-M-3-3	2012.7.23	
	중립전자밸브(기관사)	KB-M-3-4	2012.7.20	
	BP1차감압리셋팅압력스위치	KB-M-3-5	2012.6.18	
	과충기배출밸브	KB-M-3-6	2012.6.21	
	전공제동제어압력스위치	KB-M-3-7	2012.6.26	
	역지밸브(소)	KB-M-3-8	2012.6.1	
	메인중계밸브	KB-M-3-9	2012.7.9	
	BP자동충기압력스위치	KB-M-3-10	2012.6.19	
	파일럿감압밸브	KB-M-3-11	2012.7.25	
	중립밸브	KB-M-3-12	2012.6.20	
	테스트포인트(소)	KB-M-3-13	2012.6.22	
공압 보조 패널	비상정차배출밸브	KB-M-4-1	2012.6.8	
	비상제동제어전자밸브	KB-M-4-2	2012.6.15	
	살사전자밸브(공압)	KB-M-4-3	2012.7.17	
	역지밸브(대)	KB-M-4-4	2012.5.31	
	대량살사전자밸브(공압)	KB-M-4-5	2012.7.18	
	살사차단콕크	KB-M-4-6	2012.6.2	
	기관사제동밸브차단콕크	KB-M-4-7	2012.6.5	
	필터청소콕크	KB-M-4-8	2012.6.4	
	소량살사감압밸브	KB-M-4-9	2012.6.13	
	기관사제동밸브필터(배출콕크 포함)	KB-M-4-10	2012.6.16	필터배출콕크
기초 제동 장치 및 현가 장치	객차활주방지장치	KB-M-5	2012.8.10	
	복식제동표시기	KB-M-6	2012.8.9	
	제동캘리퍼	KB-M-7	2012.8.9	
	단식제동표시기	KB-M-8	2012.8.8	
	주차제동실린더	KB-M-9	2012.8.11	
	레벨링밸브	KB-M-10	2012.8.13	
	차압밸브	KB-M-11	2012.8.7	
	객차용MR/BP차단변	KB-M-12	2012.8.3	
	동력차용MR/BP차단변	KB-M-13	2012.8.8	
	주차제동보호밸브	KB-M-14	2012.7.24	
	차단콕크	KB-M-15	2012.7.18	
	공기필터	KB-M-16	2012.7.5	
	높이제한보호밸브	KB-M-17	2012.7.30	
	압력스위치	KB-M-18	2012.8.10	

2. 유지보수비용 산정

가. 수리키트 구매 비용(참고자료)

번호	수리키트 품목명		품목별 단가(원)
1	기관사패널용	파일롯감압변	1,211,100
2	기관사패널용	완해전자변	909,700
3	-	고압감압변	617,100
4	동력차패널용	역조절전자변	1,263,900
5	동력차패널용	역지변	69,190
6	객차패널용	분배변	2,844,600
7	객차패널용	중계변	1,779,800
8	객차패널용	완해전자변	612,700
9	객차패널용	제동전자변	541,200
10	객차패널용	EPB차단변	364,100
11	답면제동실린더	답면제동실린더	2,697,200
13	레벨링밸브용	레벨링밸브	293,700
14	제한밸브용	제한밸브	143,550
15	주차보호밸브용	주차보호밸브	320,100
합 계			13,667,940

나. 신품구매 비용(참고자료)

No.	장치명	품명	편성당 개수	現공급처	최근 구입정보	
					가격정보	구입단가 (원)
객차제동패널						
1		분배변	17	FAIVELEY	09-3-15	₩10,206,000
2		중계변	17	FAIVELEY	08-3-25	₩7,544,000
3		중계변전자변	17	FAIVELEY	09-3-13	₩2,670,000
4		완해젼자변	17	알스톰	07-3-15	₩766,709
5		제동전자변	17	FAIVELEY	09-3-13	₩1,966,000
6		감압변	17	FAIVELEY	-	-
7		전공제동차단변	17	FAIVELEY	09-3-13	₩1,325,300
기관사패널						
9		제동제어전자변	2	FAIVELEY	09-3-13	₩3,308,000
10		완해제어전자변	2	FAIVELEY	09-3-13	₩3,311,500

11		중립전자변	2	FAIVELEY	09-3-13	₩2,997,000
12		과충기전자변	2	FAIVELEY	09-3-13	₩3,311,500
13		BP자동충기압력스위치	2	FAIVELEY	09-3-10	₩2,471,000
14		BP리세팅압력스위치	2	FAIVELEY	09-3-13	₩5,138,000
15		메인릴레이	2	알스톰	08-8-22	₩1,268,385
				FAIVELEY	09-3-13	₩4,594,000
16		중립변	2	알스톰	08-10-21	₩1,552,929
17		과충기배출변	2	FAIVELEY	09-3-10	₩1,383,300
18		파일롯감압변	2	FAIVELEY	08-3-13	₩4,402,000
동력차패널						
19		중계변	6	FAIVELEY	09-3-13	₩9,280,000
20		감압변	6	FAIVELEY	-	-
21		역조절전자변	6	FAIVELEY	06-12-27	-
22		중계전자변	6	FAIVELEY	09-3-13	₩2,997,000
23		혼합제동전자변	6	FAIVELEY	09-3-13	₩2,366,600
24		비상감지압력스위치	6	FAIVELEY	09-3-13	₩2,645,000
25		BP압력센서	6	FAIVELEY	08-3-7	₩9,989,000
26		활주방지변	6	FAIVELEY	08-3-7	₩12,727,000
27		패널배출변	6	FAIVELEY	09-3-10	₩1,237,600
28		BP비상배출변	6	FAIVELEY	07-7-12	₩4,038,300
공압보조패널						
29		필터청소콕크	2	FAIVELEY	-	-
30		기관사제동변차단콕크	2	-	-	-
31		살사장치차단콕크	2	FAIVELEY	-	-
32		기관사제동변필터	2	FAIVELEY	-	-
33		비상제동제어전자변	4	FAIVELEY	09-3-10	₩2,221,000
34		대량살사전자변	2	FAIVELEY	09-3-13	₩2,670,000
35		비상정차배출변	4	FAIVELEY	07-3-23	₩4,038,300
36		소량살사감압변	2	FAIVELEY		
기타 제동 및 현가장치						
37		동력차 제동실린더(우)	12	FAIVELEY	09-2-20	₩9,800,000
38		객차 캘리퍼(좌우)	34	-	-	-
			34	-	-	-
39		객차대차 MR/BP 차단변	17	-	-	-
40		동력대차 MR/BP 차단변	6	-	-	-
41		제동완해표시기	12	FAIVELEY	08-3-7	₩3,530,000
42		이중제동표시기	34	FAIVELEY	08-3-7	₩4,560,000
43		주차제동보호밸브	6	-	-	-
44		현가장치차단콕크	18	-	-	-

45		레벨링밸브(객차 좌)	17	한국크노르	07-3-15	₩1,067,273
		레벨링밸브(객차 우)	17	한국크노르	07-3-15	₩1,067,273
		레벨링밸브(동력 좌)	2	한국크노르	07-3-15	₩1,132,727
		레벨링밸브(동력 우)	2	한국크노르	07-3-15	₩1,132,727
46		높이제한밸브	38	FAIVELEY	07-10-29	₩628,300
47		차압밸브	19	-	-	-
48		현가장치압력스위치	19	한국크노르	07-3-17	₩1,307,273
49		현가공기필터	38	한국크노르	05-12-27	-

다. 현품가격 대비 출고납품 예상비용 산정

No.	품 목	현품가격 (2009년 기준)	출고예상가격 (2012년 현재)	비고
1	객차대차 제동패널	17,128,553	18,000,000	
2	동력대차 제동패널	19,386,400	24,500,000	
3	기관사 제동패널	27,062,544	22,500,000	
4	공압 보조패널	23,378,573	17,500,000	
5	객차 활주방지장치	11,404,996	3,680,000	
6	복식제동 표시기	1,359,618	1,200,000	
7	제동캘리퍼	3,553,026	2,360,000	
8	단식제동 표시기	2,377,066	800,000	
9	주차제동실린더	10,263,403	4,500,000	
10	레벨링밸브 A	1,118,717	240,000	
	레벨링밸브 B	2,237,434	300,000	
11	차압밸브	1,000,938	460,000	
12	객차용패널차단변	4,774,930	2,864,958	
13	동력차용패널차단변	2,910,000	2,037,000	
14	주차제동보호밸브	1,900,096	1,330,067	
15	차단코크	144,098	115,278	
16	공기필터	190,562	133,393	
17	높이제한밸브	1,095,365	439,810	
18	압력스위치	2,740,572	915,091	
합 계		134,026,891	103,875,597	

개통이후 사용실적에 현품가격이 없어 2009년 공사가 현물 부담한 임대물품 현

품가격을 기준으로 출고예상가격을 산정하였다. 참고하였다. 임대물품 가격과 KTX 개통 이후 사용실적 구매품과 다소 차이가 있어서 사용실적이 있는 물품은 이를 반영하여 비용을 산출하였다. KTX 차량 1편성 당 가장 핵심적인 제동장치인 패널 4종을 살펴보면, 객차대차 제동패널이 17 Set, 동력대차 제동패널이 6 Set, 기관사 제동패널이 2 Set, 공압 보조패널이 2 Set 소요된다.

원제작사로부터 전량 수입에 의존하고 있는 제동장치의 가격은 매년 가파른 상승세를 보이고 있는 점을 감안하지 않은 2009년 기존품(임대물품)가격 1.34억대비 개발품 납품 예상가격 1.03억으로, 0.31억 구매비용을 절감할 수 있다. 제작비는 소량으로 제작할 때와 대량으로 제작할 때 가격이 상이할 것이다(현재 개발품은 소량으로 제작하여 제작비는 다소 높을 수 있지만 대량으로 제작한다면 제작비는 더 낮출 수 있음).

제7절 현차시험

1. 현차시험 준비

가. 주요추진 경위

○ 2009. 8 : KTX차량용 제동장치 기술개발 요구조건 작성

○ 2010. 8 : 성능평가 시험계획(案) 철도공사 연구원 내부방침

○ 2011. 9 : 현차시험계획서(案) 철도공사 연구원 내부방침

○ 2011. 9 : 단품 성능시험 완료(공동연구기관 자체 시험)

○ 2011. 10 : 개발품 현차시험 설치 수량 결정

○ 2011. 12 : 단품 공인기관 성능시험 완료(로테코 입회)

○ 2012. 4 : 패널조립체 성능 및 진동·환경시험 완료(로테코 입회)

○ 2012. 4 : 내구성시험 완료(3종) * 분배변, 역조절전자변, 객차용 MR/BP차단변

○ 2012. 4 : 내구성시험 추가(14종) 진행

○ 2012. 6 : 현차시험 취부용 최종확인 완료 * 철도공사 시험기 활용

○ 2012. 10 : 내구성시험 추가 대상(14종) 중 8종 완료

나. 현차시험을 위한 설명회 개최(1차)

○ 2012.8.9.(목) 16:00~18:00, 철도공사 회의실

○ 차량기술단 관계자 등 30명 참석

○ 연차별 연구계획대비 실적, 현차시험 관련 의견 수렴

[그림 3.7.1 현차시험을 위한 설명회(1차) 사진]

다. 현차시험을 위한 관계자 실무회의

○ 2012.8.31.(금) 10:00~11:20, 철도공사 연구원 회의실

○ 고속차량처 실무자 등 5명 참석

○ 시험일자는 협약 및 보험 가입 후 연구원에서 재통보

※ 평일 시험차량 제공은 가능(단, 주말은 여유편성이 없음.)

○ 개발품 취부 소요 기간 : 2일 소요(수도권철도차량정비단 기술지원이 필요)

○ 개발품 단차시험(기능시험 포함) 및 구내/본선시운전 : 2일 소요

- 구내시운전을 충분히 수행하여 기준에 미달 시 시험 중지/탈거

○ 고속선 시운전(야간) 계획 수립(단, 기준 만족 시)

- 시험일정, 구간, 횟수 등 협의 후 결정 : 고속차량처와 관련부서

※ 임시열차 신청을 위해서는 5일전에 세부계획 제출/협의(열차계획처)

○ 공동기관과 연구원은 상호 사고발생시 책임한계를 명확히 할 것.

- 현차시험계획서(안) 연구개발처-3918(2011.9.30.)호 명시

5.5.3. 현차시험 중 개발품으로 인한 차량 및 제반시설 등 각종 피해가 발생한 경우 공동 연구기관의 비용으로 원상 복구한다.

- 개발품 현차시험에 대한 협약서(안) 법무처 검토 및 공동기관과 체결

- 공사 국가연구비로 보험가입 예정

라. 현차시험을 위한 설명회 개최(2차)

○ 2012.10.22.(월) 13:30 ~ 15:00, 철도공사 회의실

○ 차량기술단 관계자 등 20명 참석

○ 현차시험 계획 및 관련 의견수렴

○ KTX OBCS 시험과 병행하여 진행 할 수 있도록 협의함.

[그림 3.7.2 현차시험을 위한 설명회(2차) 사진]

마. 협약체결 및 보험가입

○ 2012.9.20. 협약서 체결, 철도공사 연구원 회의실

○ 현차시험을 위한 기관별 역할 명확화 및 만일의 사태를 대비

○ 2012.10.15 ~ 12.15(2개월 간) 보험가입, 삼성화재해상보험(주)

○ 비용 : 금9,420,000원(철도공사 잔여 연구원 사용)

바. 현차시험기간에 대한 관련자료 검토

○ 철도차량 성능시험 시행지침(국토부 고시) 제10조 6항

⑥최초로 제작·**조립** 또는 수입한 철도차량과 주요장치 변경이 이루어진 철도차량은 **별표 5의 차종별 주행거리에 따라 철도차량 운행선로 시운전**을 실시하여야 한다.

[별표 5]

차종별 주행거리(제10조제6항)

차종	운행속도(킬로미터/시간)	주행거리(킬로미터)
고속철도차량	**300 이상**	**35,000 이상**
	200 ~ 300 미만	15,000 이상

○ 철도차량 부품국산화업무관리 절차서 : 개정 2012.10.17. 공사 철도차량내규 제22호

제12조(현차시험)

1. **부품국산화 추진과제에 대한 현차시험 요청**이 있는 경우, 주관부서는 **기술검토 서류를 확인**하며, 이를 엔지니어링부서에 검토요청하고, 부적한 경우 과제추진부서에 보완을 요청할 수 있다.
2. **현차시험 기술검토 서류를 확인 후, 주관부서는 부품특성에 따른 계절적 영향을 반영하여 현차시험 기간을 산정**한다.
3. 주관부서는 **현차시험 계획을 수립하여 현업부서에서 현차시험을 수행**토록 한다.
   * **제동장치**는 부품중요도 **상** : 차량성능과 안전에 직접적인 영향을 미치는 중요부품에 해당, 현차시험기간은 **14개월**에 해당됨.

○ 안전성검증 시행 : 철도공사 안전실, 개정 2012.7.17

대상업무 : 철도차량 및 철도시설의 도입, 개조, 개량

시행수준 : **철도차량 도입, 주요장치 개조 또는 개량**

* 주요장치 : 팬터그래프, 추진제어장치, **제동장치**, 주행장치
* **필요서류** : 방침문서(일상감사 전 문서), 업무처리절차서, 위험성 평가표, 위험도 평가대상 리스트, 예비위험도 평가, 동종, 유사업무 사고실적, 공정별 세부추진계획, 공종별 안전관리 절차 및 내용 등

사. 현차시험 취부수량 결정

○ 기관사 및 공압관련

국산화개발품목		KTX 1편성	개발품 수량				설치 수량	예상작업 인원/시간	비 고
			소계	형식시험	현차시험	예비			
1	기관사 제동패널	2	3	1	1	1	1	2명/4h	기능시험
2	공압보조패널	2	3	1	1	1	1	2명/4h	기능시험

○ 객차대차 관련

국산화개발품목		KTX 1편성	개발품 수량				설치 수량	투입 인원/시간	비 고
			소계	형식시험	현차시험	예비			
1	객차대차 제동패널	17	4	1	2	1	1	2명/4h	단차시험
2	객차용MR/BP 차단변	17	4	1	2	1	1	2명/2h	객차패널시험에 포함
3	객차활주방지장치	17	4	-	2	2	1	2명/2h	로컬테스트
4	이중제동표시기 (복식-객차)	34	8	-	4	4	2	1명/1h	-
5	제동캘리퍼 (객차대차)	136	16	-	8 (1대차)	8 (1대차)	2	3명/8h	리프트

○ 동력대차 관련

국산화개발품목		KTX 1편성	개발품 수량				설치 수량	예상작업 인원/시간	비 고
			소계	형식시험	현차시험	예비			
1	동력대차 제동패널	6	4	1	2	1	1	2명/4h	단차시험
2	동력차용MR/BP 차단변	6	4	1	2	1	1	2명/2h	동력패널시험에 포함
3	주차제동실린더 (동력대차)	24	8	-	4	4	2	3명/8h	미니체인블록
4	제동완해표시기 (단식-동력대차)	12	8	-	4	4	2	1명/2h	누설, 변수값 확인
5	주차제동보호밸브 (동력대차)	6	6	1	4	1	1	2명/2h	기능시험

○ 기타 현가장치 관련

국산화개발품목		KTX 1편성	개발품 수량				설치 수량	예상작업 인원/시간	비 고
			소계	형식시험	현차시험	예비			
1	레벨링밸브(현수)	38	각4	-	각2 (좌.우)	각2 (좌.우)	1	2명/2h	기능시험
2	차압밸브(현수)	19	9	1	4	4	1	2명/2h	기능시험
3	차단콕크 (대차현가장치)	19	16	1	14	1	1	2명/2h	기능시험
4	공기필터 (현수)	38	14	1	12	1	1	2명/2h	기능시험
5	높이제한보호밸브 (현수)	38	8	1	6	1	1	2명/2h	기능시험
6	압력스위치 (현수)	19	9	1	7	1	1	2명/2h	기능시험

아. 현차시험 점검표(양식)

○ KTX제동장치 시험 총괄표

KTX제동장치 시험 총괄표

편성번호 : KTX 호
운행일자 : 2012년 월 일 (요일)

담 당 자	출 고 시		입 고 시	
	고양기지	기 장	고양기지	기 장
인계(수) 자				
인계(수) 시각				

구 분	51호	52호	비 고
1. 열차운행 기동 절차서에 의한 확인			
2. 동력차 적재품, 공구함 봉인상태			
3. 주요장치 봉인상태			
4. 기타 주요사항			

월 일	소 속	기장	열차	역명	시각	구간키로	비 고

시 운 전 점검사항	1. 제동감도시험	
	2. 차륜상태 ※ 사진촬영,육안검사, 측정 등	시운전 전 : 시운전 후 :
	3. 고장코드 확인	시운전 전(고장코드 삭제) 시운전 후 :
	4. ATESS 분석 ※ 비상제동 취급/열차속도,주어진 신호,열차 상태파악	

위 사실을 확인함.

2012년 월 일 (요일)

담당자 : 확인자 :

○ FGI 후시험 - 공기제동(단독시험)

항 목	기 준 치	결 과		판 정		비고
1. 활주방지장치 시험						
- 운전실 데카의 "F4"key를 사용 활주방지 장치 시험						
2. 제동장치 출고 시험						
가. 열차 기동						
- SW-BK-IS-01 차단위치, MC-BK-PN-01 운전 위치						
- 열차 기동 후 ER 및 BP 자동충기 여부 확인	3 bar					
- LS-BK-01 점등상태 확인						
나. 완해 및 ER 충기						
- MC-BK-PN-01 완해 위치로 하여 ER 및 BP상승 여부 확인	5 bar					
- 약 4 분 정도를 대기한다.						
- 5bar 에서 BP의 기밀성 시험						
- S-BK-NE-01을 "ON"하고, LS-BK-NE-01의 점등 여부 확인						
- 공기 누설량 확인 및 S-BK-NE-01를 "OFF"	2분/0.150bar					
다. 제동 체결 시험						
- MC-BK-PN-01를 제동 위치로 하여 BP를 1bar 감압						
- 열차 왼편의 제동 표시기 적색 여부 확인 및 MC-BK-PN-01를 운전 위치						
라. BP의 연속성 시험						
- S-BK-NE-01를 "ON"하고, LS-BK-NE-01의 점등 여부 확인						
- 반대편 동력차의 PB-EM--PN-01을 누르고 PC1에서 BP 감압 여부 확인	0 bar					
- 반대편 동력차의 PB-EM-PN-01을 복귀						
제어 동력차 에서						
- SW-BK-IS-01을 정상 위치로 하고, LS-BK-01소등여부 확인						
- MC-BK-PN-01을 운전 위치로 하고, BP압력 상승여부 확인	5 bar					
- 열차 기동 차단 후 BP압력 배출	0 bar					
3. 1인 제동 시험 (F7)						
- 운전실 데카에서 "F7"key를 사용, 1인 제동시험 실시						

○ 제동캘리퍼

항 목	기 준 치	결 과		판 정		비고
1. 관절부 윤활상태 확인						
2. 제동실린더와 동작 관계 확인						
3. 제동기어 평와셔 간 틈새 확인	5.85±0.1㎜					
4. 증폭레버 고정핀과 실린더 틈새	5㎜이내					

○ 주차제동실린더

항 목	기 준 치	결 과		판 정		비고
1. 공기 누설 검사 - 각 장치 연결부 - 주차제동 실린더 배기필터(비눗물시험)	누설 없을 것					
2. 제륜자와 차륜 접촉 상태	수평상태					
3. 제동통 압력을 강하시키고, 차륜과 제륜자 간격을 측정한다.	4㎜ ~ 8㎜					
4. 작동상태 검사 - 조정나사를 전, 후진 회전시켜 기어가 잘 맞는지 검사한다. - 이때 기어 접촉 소리가 확실히 들을 수 있어야 한다.	원활한 회전 및 접촉 소리 확인					
5. 제륜자 탈,부착 상태						
6. 제동장치 몸체 및 각 부품 상태 확인						

○ 공압현수장치

항 목		기 준 치	결 과		판 정		비고
1. 현수장치 높이 측정		48 $\pm\frac{2}{3}$ ㎜					
2. 공압 현수장치 회로 기밀시험							
3. 레벨링 밸브							
- 콘트롤 롯드	콘트롤 롯드 변형 여부						
	연결부와 회전조인트 풀림여부						
	회전조인트 고착여부						
- 콘트롤 레버	콘트롤 레버 변형 여부						
	콘트롤 레버의 취부상태						
4. 높이제한밸브	높이 제한 밸브 상태검사						
	제어 케이블 동작 시 공기 배출여부						
	제어 케이블 복귀 시 공기 충기여부						
5. 차단장치	차단장치 작동 상태검사						

	차단장치의 운전/차단 실행여부						
	차단장치 차단 시 공기 누설여부						
	차단장치 표지판 상태검사						
6. 에어필터	공기필터망 분해 청소 및 상태 검사						
	공기필터 O링 교환						
7. 차등변	차등변 작동상태 검사						

○ 압력스위치

항 목	기 준 치	결 과		판 정		비고
1. 공기서스펜션	차단 2.5bar+0.3-0					
	투입 2bar+0-0.3					

○ 제동거리

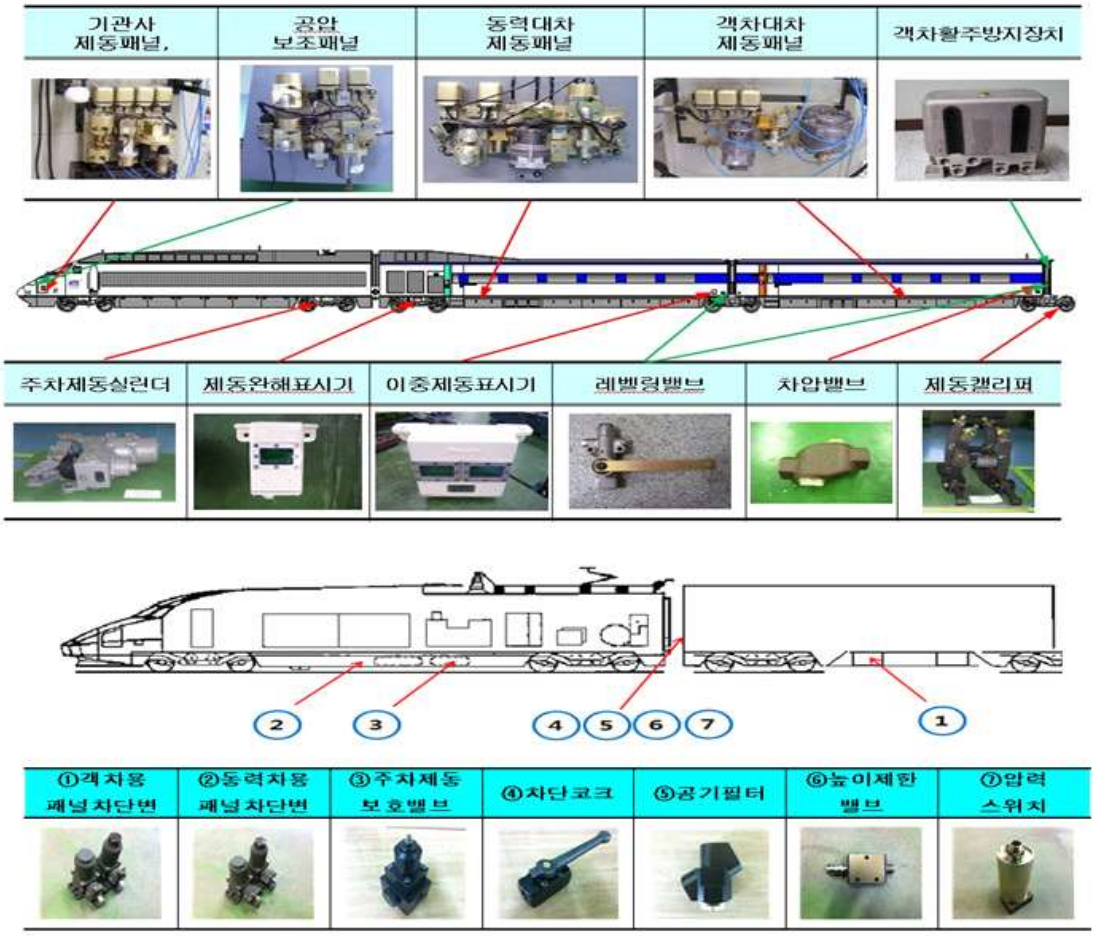
항 목	기 준 치	결 과		판 정		비고
1. 비상제동 (300㎞/h)	3,000 ~ 3,500 m					
2. 상용제동 (300㎞/h)	6,500 ~ 7,000 m					

※ 패널시험 등 결과 판정표는 '현차시험절차서'에 명시되어 있음.

2. 개발품 현차취부

가. 취부수량 선정

제동패널 4종(객차, 동력차, 기관사, 공압보조), 객차활주방지장치, 이중제동표시기, 제동캘리퍼, 제동완해표시기, 주차제동실린더, 레벨링밸브, 차압밸브, 객차용 MR/BP차단변, 동력차용MR/BP차단변, 주차제동보호밸브, 차단코크, 공기필터, 높이제한밸브, 압력스위치 등 18개 품목에 대해 취부하기로 결정하였다.



[그림 3.7.3 개발품 취부 현차취부 위치]

○ 현차시험 장소 : 철도공사 수도권철도차량정비단 고양기지

○ 현차시험 기간 : 2012년 10월 22일(월) ~ 10월 26일(금)

○ 현차시험 차량 : KTX 15호

○ 시험참여 : 소진섭, 박영준, 주현화, 전병선, 조동익, 윤여만, 김진만 등 고장수

리팀, 기장 3명(철도공사), 차세환, 이동균, 금종호, 김정현, 정찬용, 조종화 등 A/S팀(유진기공산업), 김종렬, 고병규, 남기현, 이영진 (금천씨스템)

○ 시험설비 : 단차시험기, Chart Recorder, Pressure Transducer, Power Board, 테스터기, 로드셀인디게이터, 비눗물 등

○ 시험 제한요소 : 제한된 시험기간(5일) 안에 개발품 현차취부 및 시운전을 진행하되, 영업열차 운행을 위해 본선 시운전 후 개발품 탈거 및 기존품 재 취부 작업을 완료해야 하는 예비편성 및 시험노선 제약이 있었다.

[그림 3.7.4 개발품 설치 모습]

[그림 3.7.5 개발품 비눗물을 이용하여 누설검사]

나. 현차취부 위치

제동패널 4종(객차, 동력차, 기관사, 공압보조)을 포함하여 총 18품목에 대해 설치하였다. 설치수량 및 위치는 다음과 같다. 현차시험 개발품 취부 후 비눗물을 도포하여 누설 확인 검사하였다. 차단코크(CC-IS-VL)의 경우 보통 현수장치(TR10)

에 설치되어있는데, 단순콕크라 크기가 사이즈가 다소 차이가 있었다. 본 KTX 15호 차량에는 사이즈가 맞지 않아 취부하지 못하였다.

[표 3.7.1 개발품 설치수량, 위치 및 방향]

개 발 품 명	취부사진	설치수량	위치	방향
1. 객차대차 제동패널		1	TR18	PC2 운전실 방향 좌측
2. 동력대차 제동패널		1	TR18	PC2 운전실 방향 좌측
3. 기관사 제동패널		1	PC2	PC2 운전실 방향 좌측
4. 공압 보조패널		1	PC2	PC2 운전실 방향 우측
5. 객차활주방지장치		1	TR18	PC2 운전실 방향 우측

6. 이중제동표시기 (복식-객차)		2	TR18	20번 대차
7. 제동캘리퍼 (객차대차)		2	TR18	20번 대차
8. 제동완해표시기 (단식-동력대차)		2	TR18	21번대차
9. 주차제동실린더 (동력대차)		2	TR18	22번 대차
10. 레벨링밸브		1	TR18	PC2 운전실 방향 우측
11. 차압밸브		1	TR18	PC2 운전실 방향 우측
12. 객차용 패널차단변		1	TR18	PC2 운전실 방향 좌측

13. 동력차용 패널차단변		1	TR18	PC2 운전실 방향 좌측
14. 주차제동보호밸브		1	TR18	PC2 운전실 방향 좌측
15. 차단콕크		1	TR10	(단순콕크)
16. 공기필터		1	TR18	PC2 운전실 방향 좌측
17. 높이제한보호밸브		1	TR18	PC2 운전실 방향 좌측
18. 압력스위치		1	TR18	PC2 운전실 방향 좌측

[표 3.7.2 개발품 취부 수량별 가중치와 시운전 안전대책(안)]

개 발 품 목	당초 계획		현차 취부		고장 영향		시운전 안전대책(안)
	수량	가중치 (%)	수량	가중치 (%)	차량	열차	
객차대차 제동패널 조립체	1	15	1	15	V		완해불량시 해당대차 차단, 운행재개, 지연 시 10분 내외
객차MR/BP 차단변	1	2	1	2	V		사례없음
객차활주방지변	1	6	1	6	V		사례없음
이중제동표시기	2	5	2	5	V		해당대차 차단, 운행재개
제동캘리퍼	2	5	2	5	V		해당대차 차단, 운행재개, 지연 시 10분 내외
동력대차 제동패널 조립체	**1**	**13**	**0**	**0**	V		완해불량시 해당대차 차단, 운행재개, 지연 시 10분 내외
동력MR/BP 차단변	1	2	1	2	V		사례없음
주차제동실린더	2	5	2	5	V		해당대차 차단, 운행재개
제동완해표시기	2	5	2	5	V		해당대차 차단, 운행재개
주차제동보호밸브	1	5	1	5	V		사례없음
레벨링밸브 (현수)	1	2	1	2	V		사례없음
차압밸브(현수)	1	2	1	2	V		사례없음
차단콕크_현수	**1**	**2**	**0**	**0**	V		사례없음
공기필터_현수	1	2	1	2	V		사례없음
높이제한밸브 _현수	1	3	1	3	V		사례없음
압력스위치 _현수	1	3	1	3	V		사례없음
기관사 제동패널 조립체	1	15	1	15		V	보조제동변으로 운행, 지연 시 10분 내외
공압보조패널 조립체	1	8	1	8		V	ATS 등 차단 운행, 지연 시 10분 내외
합 계	**22**	**100**	**20**	**85**			**제외(동력대차제동패널, 차단콕크)**

3. 정적시험

철도공사 도착선(N3)에서 개발품 취부가 완료되고, 검수고 내 경정비선(Z6)선으로 입환하였다. 고장수리팀원의 도움을 받아 10월 24일(수) 17:30분에 단차시험을 진행하여 20시에 객차대차 제동패널은 완료하였다.

[그림 3.7.6 객차대차 제동패널 시험]

[그림 3.7.7 동력대차 제동패널 시험]

동력대차 제동패널 시험을 20:30분에 진행하였다. 하지만 비상감지압력스위치 동작시험 불량이 발견되었다. 단품 분해결과 압력변동에 따라 비상감지압력스위치 접점이 작동되어야 하는데, 하우징 내벽에 스크래치가 발생하였다. 원인분석을 위한 시간이 충분하지 못하여 개발품을 철거하고, 기존품으로 원상 복귀처리하였다. 본 시험대상에서는 제외하였다.

[그림 3.7.8 기관사 제동패널 시험]

[그림 3.7.9 본선 시운전 시 계측 장비]

검수고에서 정차상태에서 기존품과 시험품이 설치되어 있는 위치의 대차의 제동 압력과 제동통 압력을 체크한 결과, 모두 기준에 만족하였다. 63%와 95%의 BC 압력에 도달하는 시간을 보면, 개발품이 기존품에 비해 1초 이하(즉, 0.4~0.7초)로 근소하게 빨리 작동하였다. 향후 국산화 개발품에 대하여 계속적인 성능검증 과정을 거치겠지만 정량적인 시험결과만으로 보았을 때 국산화 개발품은 기존품에 동등한 성능으로 나타났다.

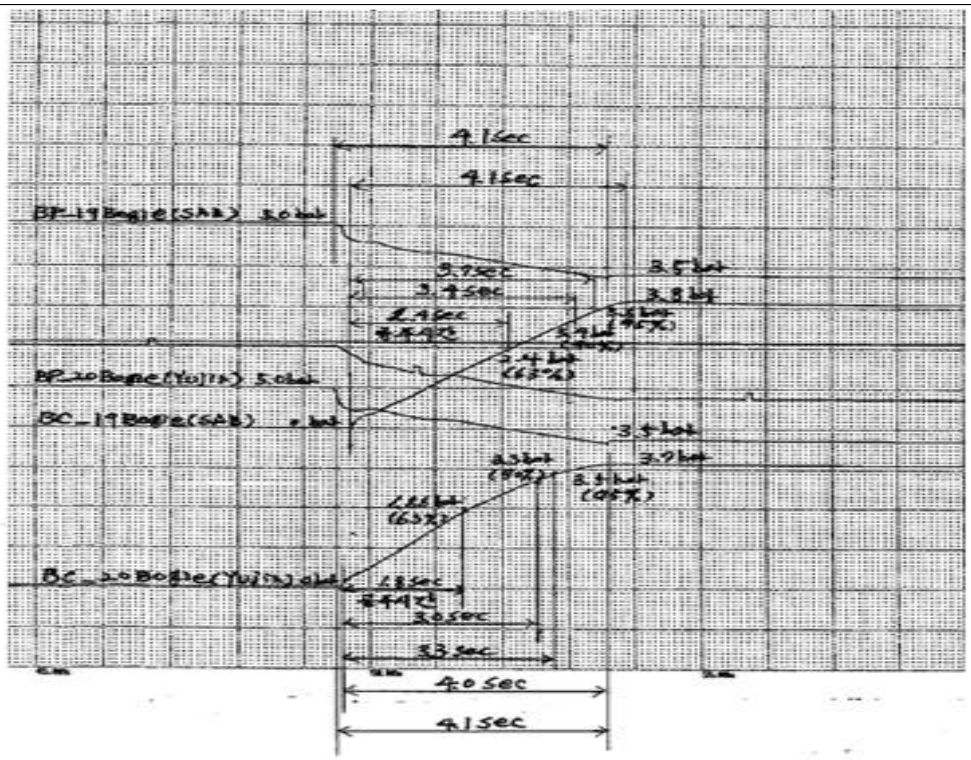
10월 25일(목) 02시경 기관사제동패널 시험은 FGI(Full General Inspection; 전반검수, 6개월 주기) 전시험을 진행하여 05시경 완료하였다. 본 시험은 영업열차 우선으로 최종 출고점검이 완료되어야 하기 때문에 시험열차는 후 순위로 진행 할 수 밖에 없었다. 06시경 Z6선에서 다시 주기검수선(P1)선으로 입환이 이루어졌고, 레벨링밸브와 활주방지점검은 구내 시운전의 지장이 없다는 판단하에 9시경 구내시운전을 먼저 진행하였다. 그리고 10:30분에 입고하여 최종 철도공사 고장수리팀의 협조를 받아 완료하였다.

4. 동적시험

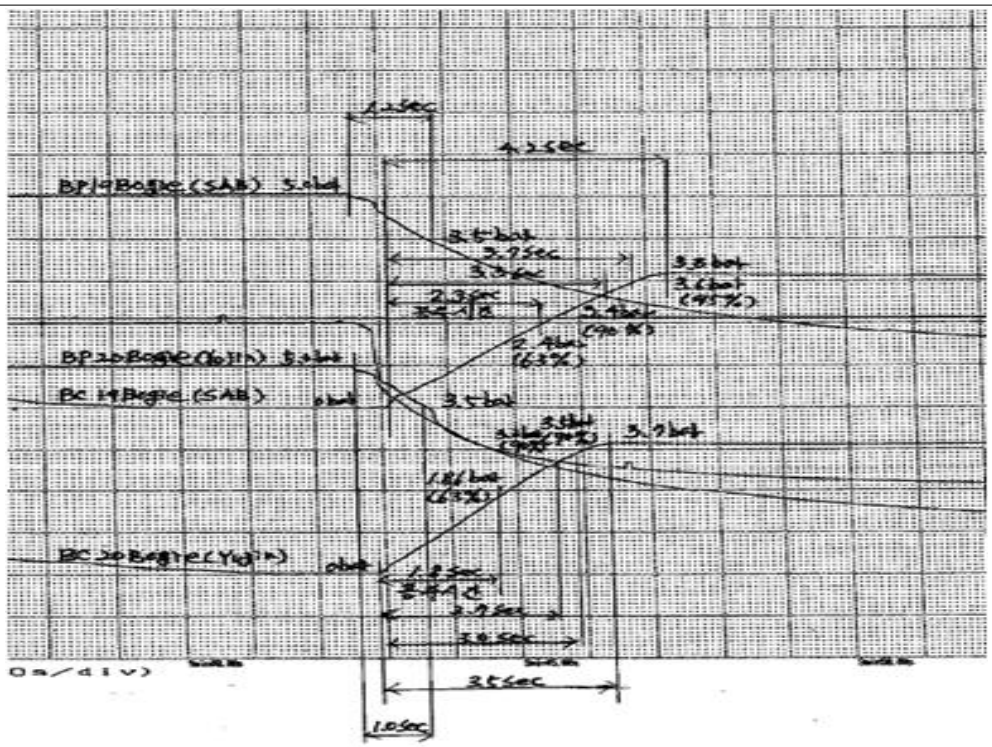
KTX 15호는 구내 시운전선에서 50㎞/h로 운행 중 상용제동 2회, 비상제동 2회 시행, 이상없음을 확인한 이후에 본선 시운전 운행을 하였다. 본선 시운전은 고양기지에서 제7979열차로 12:35분경 하행선 출발하여 서대전역에 14:04분에 도착, 40분 동안 대기 후, 제7982열차로 서대전역에서 상행선 출발, 고양기지에 16:20분에 도착하였다. 도착선은 개발품을 취부한 도착선(N3)에서 26일 11시까지 개발품을 모두 취거, 기존품으로 원상 복귀하고 현차시험을 종료하였다.

금번 현차시험 과정을 통하여 최고속도 300km/h에 이르는 KTX 고속철도 차량의 제동장치 국산화 개발품의 성능을 확인할 수 있는 계기가 마련되었다. 총 18개 품목을 대상으로 진행하여 2개 품목(동력대차제동패널, 차단콕크)를 제외한 16품목으로 중요도를 감안하더라도 85%의 만족함을 얻었다고 보며, 기존품 대비 동등 이상의 성능을 본선 시운전을 통해 이상없음을 확인하였다. 많은 현차시험기간이 필요하지만 현재 철도공사의 시험편성을 위한 예비차가 턱없이 부족하였다.

철도공사는 11월 1일부터 KTX 운행 횟수를 주중 40회, 주말 38회씩 늘렸다. 이번 운행 확대로 KTX는 주중 기준으로 경부선 130회, 호남선 42회 등 총 202회가 운행된다. 이와 같이 고장수리와 경·중정비 검수를 진행하여야 하며, 운행횟수 증편에 따른 예비차 확보가 어려워 추가 현차시험을 진행하기에는 현실적인 어려움이 있었다.

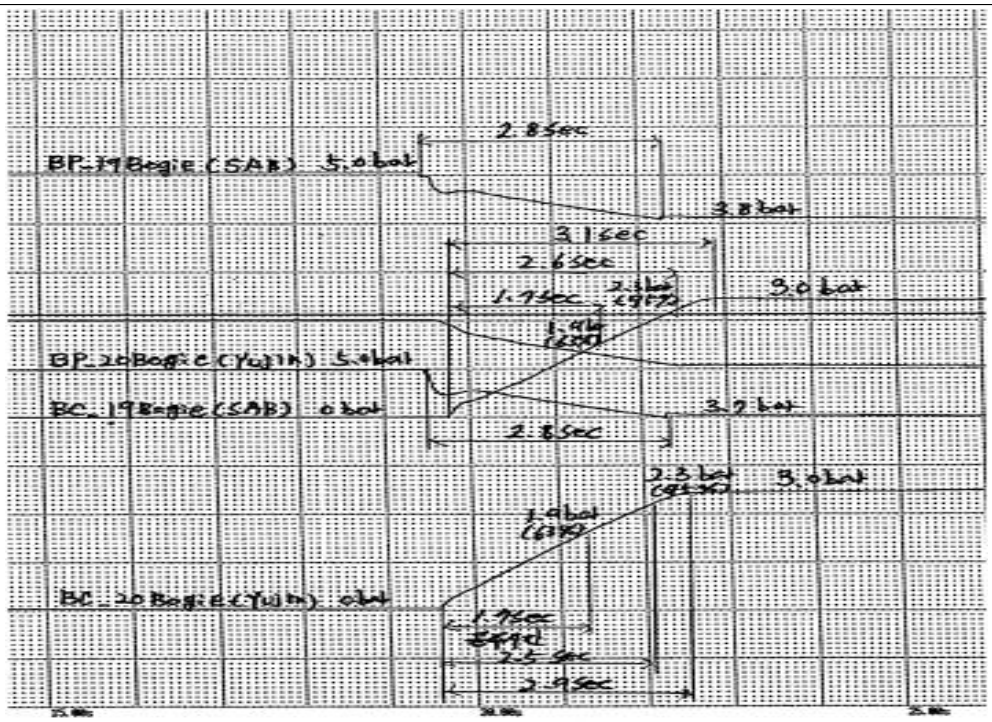


<상용제동시험 계측결과>

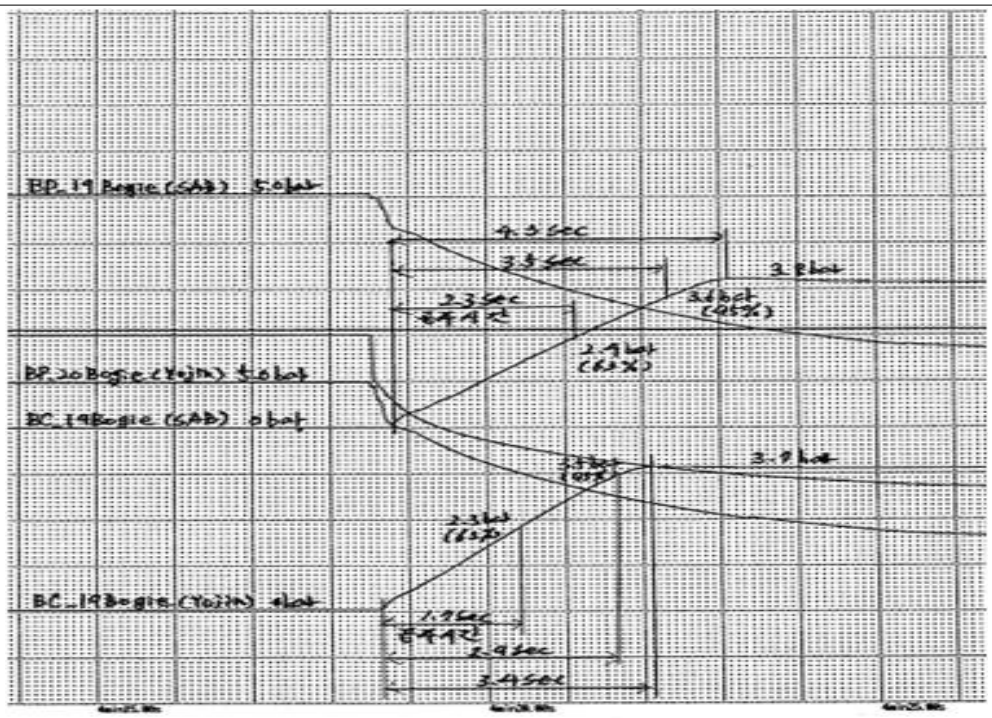


<비상제동시험 계측결과>

[그림 3.7.10 정적시험 계측결과]



<상용제동시험 계측결과>



<비상제동시험 계측결과>

[그림 3.7.11 동적시험 계측결과]

상기 시험결과 그래프를 분석해 보면 아래 표에서 볼 수 있듯이 제동관 압력이 5.0bar에서 3.5bar로 감압시 반응하는 제동압력은 원제품이 3.8bar(목표치 공차범위에서 0.1bar 벗어나지만 제동성능에는 지장 없음), 개발품이 3.7bar(목표치 공차범위 이내)였으며, 제동압력 목표값의 95%에 도달하는 시간은 3초 정도였다. 또한, 상기 정적시험 결과 그래프와 동적시험 결과 그래프의 패턴을 보면 원제품과 국산화 개발품이 거의 같은 양상을 보이고 있으며, 이것은 국산화 개발품이 원제품과 대등한 제동 성능을 발휘하고 있음을 의미한다.

[표 3.7.3 정적시험 결과]

구 분		기 준	19# 대차 (기존품 위치)	20# 대차 (개발품 위치)	비고
상용 제동	제동압력 [bar]	3.6 ± 0.1	3.7	3.7	
	제동관압력 [bar]	3.5 ± 0.1	3.5	3.5	
	BC 63% Built-Up Time [sec]	-	2.4	1.8	
	BC 95% Brake Applied Time [sec]	-	3.7	3.3	
비상 제동	제동압력 [bar]	3.6 ± 0.1	3.7	3.7	
	제동관압력 [bar]	-	-	-	
	BC 63% Built-Up Time [sec]	-	2.3	1.8	
	BC 95% Brake Applied Time [sec]	-	3.7	3.0	

[표 3.7.4 동적시험 결과]

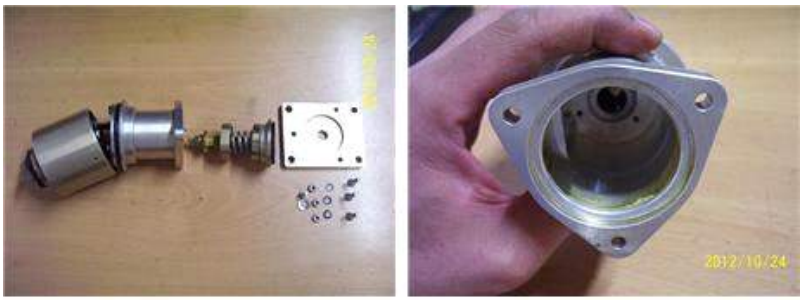
구 분		기 준	19# 대차 (기존품 위치)	20# 대차 (개발품 위치)	비고
상용 제동	제동압력 [bar]	3.6 ± 0.1	3.0	3.0	
	제동관압력 [bar]	3.5 ± 0.1	3.8	3.7	
	BC 63% Built-Up Time [sec]	-	1.7	1.7	
	BC 95% Brake Applied Time [sec]	-	2.6	2.5	
비상 제동	제동압력 [bar]	3.6 ± 0.1	3.8	3.7	
	제동관압력 [bar]	-	0	0	
	BC 63% Built-Up Time [sec]	-	2.3	1.7	
	BC 95% Brake Applied Time [sec]	-	3.5	2.9	

5. 고장분석 및 조치

가. 고장분석

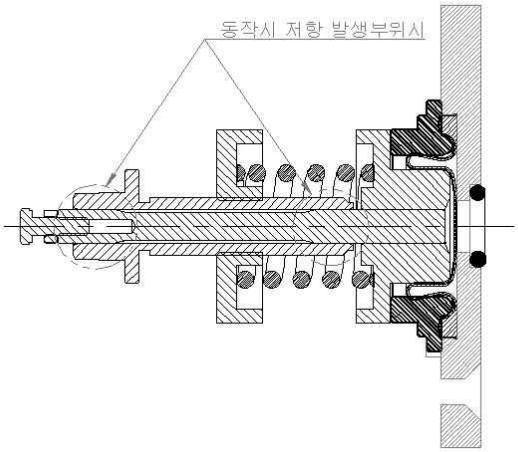
동력대차 제동패널 단차시험 진행시 압력변동에 따라 비상감지압력스위치 접점이 작동되지 않아서 비상루프 해제가 안되었다. 단차시험중 개발품 비상감지압력스위치를 분해한 결과, Housing 내벽에 스크래치가 존재한 것으로 나타났다.

[그림 3.7.12 개발품 동력대차 제동패널 비상감지압력스위치]



[그림 3.7.13 비상감지압력스위치 분해 및 하우싱 내부]

분해된 제품을 운동방향으로 움직여본 결과, Rod Ass'y와 Bolt Adjusting 결합부위의 동작이 원활하지 않고 움직임을 방해하는 마찰저항이 발생하는 것을 확인하였다.

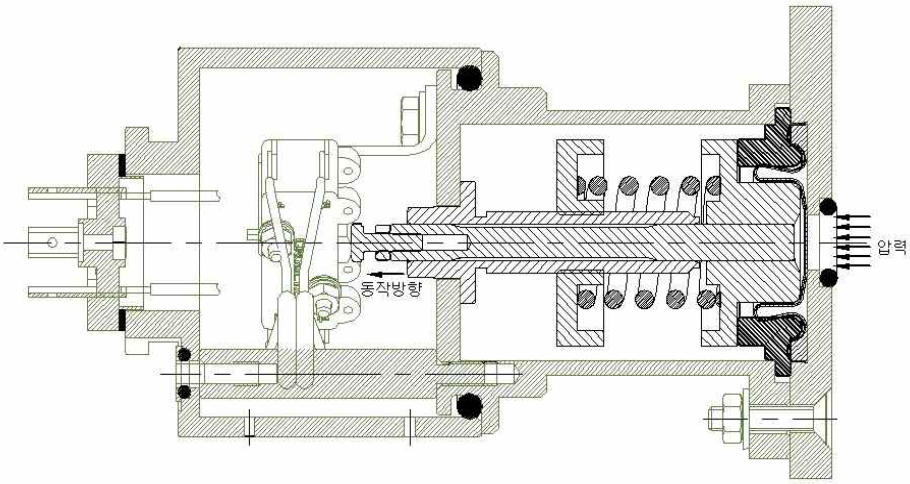


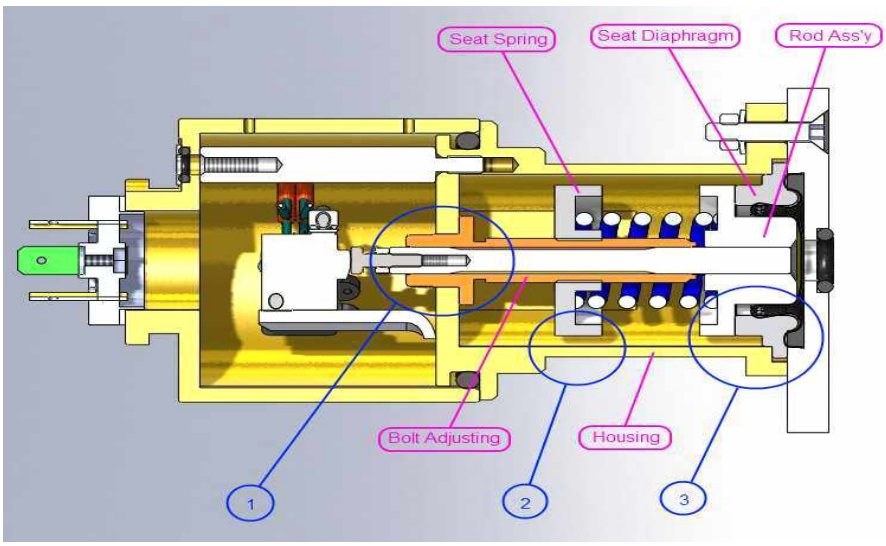
[그림 3.7.14 비상감지압력스위치 동작시 저항 발생 부위]

비교 검토를 위하여 2,000회 내구성시험품 비상감지압력스위치를 분해 결과, Housing 내벽이나 동작부위 등 제품의 표면상에 마모된 흔적은 없었다.

[그림 3.7.15 내구성시험을 진행한 비상감지압력스위치 검토]

비상감지압력스위치의 내부구조는 다음과 같으며, 동작원리는 제동관압력의 변화(3.0 bar~2.5 bar)에 따라서 Rod Ass'y가 움직여서 마이크로스위치의 접점을 터치하여 작동되는 구조이다. 작동부위 중에서 구성품들간에 접촉이 발생하여 동작에 영향을 끼칠 수 있는 위치는 그림 ①, ②, ③이다. ①위치에서 Bolt Adjusting의 내경과 Rod Ass'y의 외경이 밀착하여 접하게 되며, 이 부분의 치수공차가 다른 부위에 비하여 비상감지압력스위치 접점의 동작에 가장 큰 영향을 끼치는 중요부위로서 제품의 원활한 동작 성능을 확보하기 위하여 최우선적으로 표면거칠기와 치수에 대한 공차 관리가 필요한 부위이다.





[그림 3.7.16 비상감지압력스위치 내부구조 및 작동]

[표 3.7.5 비상감지압력스위치 기존품과 개발품 측정치 비교]

구 분	사 진	기존품 측정	개발품 측정	설계수치
Bolt Adjusting 내경		Φ6.01	Φ6.0	Φ6.0 ~ Φ6.015
Seat Spring 외경		Φ33.73 (주물품)	Φ33.9	Φ34
Seat Rod 외경		Φ19.81 Φ34.09	Φ19.78 Φ34.02	Φ19.8 Φ34
Rod Ass'y 외경		Φ5.94	Φ5.98	Φ5.972 ~ Φ5.987
Seat Diaphragm 내경 및 외경		Φ24.78 Φ38.62	Φ24.82 Φ38.65	Φ24.9 Φ38.8
Housing 내경		Φ38.81 (주물품)	Φ39.0	Φ39 ~ Φ39.1

기존품과 개발품의 비상감지압력스위치 각 부품 치수검사를 실시한 결과, 수치적인 면에서는 미미한 수준으로 조사되었고, 다만, Bolt Adjusting과 Rod Ass'y를 결합하였을 때 동작시 저항 발생부위에서 기존품은 표면이 매끄러워서 동작이 원활한데 반하여 개발품은 Rod Ass'y의 Rod 표면에 마찰에 의한 스크래치가 발생하여 동작시 저항을 받는 것으로 확인되었다. 또한 제품 시험시에는 이상이 없었지만, Rod 표면에 발생된 스크래치 때문에 Bolt Adjusting과 Rod Ass'y가 고착되어 단차시험시 개발품 비상감지압력스위치의 동작불량이 발생한 것으로, Housing 내벽에 발생된 스크래치는 간섭이 아닌 가공불량에 의한 것으로 판명되었다.

나. 고장조치

동력대차 제동패널 내 비상감지압력스위치 접점 작동불량으로 비상루프 해체가 되지 않는 고장발생에 대해 개선하고, 공사 제동패널 시험기로 성능확인시험을 통해 전체 합격 하였다. 그리고 최종 성능확인은 2012.12.5.(수). 10:30~16:30에 철도공사 수도권정비단에서 단차시험을 완료하여 불량개소에 대한 고장을 개선하였다.

유진기공산업주식회사

YUJIN

우 425-090 경기도 안산시 원시동 770-2(11-9BL) TEL (031)489-6500/FAX (031)489-6289

관리번호	유진 제 12 - 183 호	문서번호	RWD-12-0314
시행일자	2012-11-27		
수 신	한국철도공사 사장		
참 조	고속차량(KTX)용 제동시스템 및 제동장치 기술개발 과제 책임자		
발 신	유진기공산업㈜ 대표이사		
제 목	KTX 제동장치 동력대차 제동패널 성능시험 결과 알림		

1. 귀 공사의 무궁한 발전을 기원합니다.

2. 국가 R&D " **고속차량(KTX)용 제동시스템 및 제동장치 기술개발**" 과제 진행과 관련하여 수도권철도차량정비단 고양기지에서 2012 년 10 월 24 일 실시된 KTX 제동장치 현차시험 시 동력대차 제동패널 內 비상감지압력스위치 접점 작동불량으로 비상루프 해제가 되지 않는 고장발생 내용에 대한 개선조치가 완료되었으며, 수도권철도차량정비단 고양기지 제동패널작업장 보유 종합시험기로 개선품 동력대차 제동패널에 대한 성능확인시험 결과 검사성적서를 붙임과 같이 제출하오니 중단되었던 KTX 제동장치 동력대차 제동패널의 단차시험이 재개될 수 있도록 협조하여 주시기 바랍니다.

붙 임 : 가. KTX 제동장치 동력대차 제동패널 성능시험 성적서 1 부.
나. 고장분석 보고서 1 부. 끝.

발송 No. 2012.11.27 유진기공산업(주)

유진기공산업㈜ 대표이사

검사 성적서(Inspection Report)

동력차 제동패널(Motor Bogie Brake Panel)

검수정보 기록			
검 사 일 : 2012년 11월 26일	검 사 자 : 금종호	확 인 자 :	자재 번호 : 1013360
편성 번호 :	대차 번호 :	패널 번호 : PC-03	종합 판정 : 합격

※ AR(TP-PE-AUX-01), BC(TP-PE-BK-02), BP(TP-PE-BP-01), FA-BO(TP-FA-BO-01), PP(TP-CO-BK-02), RP(주공기 압력)

No.	시험항목별 확인사항 또는 허용치(Verification or values to be obtained)	측정 결과	시험 결과
1	**절연 시험(DIELECTRIC TESTS)** - 1500V, 60Hz 1분간 인가 : 이상없을 것.	0.64mA	합격
2	**AR 충기시간 측정(BP에 의한 충기시간 측정)** - 0 ~ 3bar 까지 충기시간 : 12.00초 이내일 것 **AR 충기시간 측정(RP에 의한 충기시간 측정)** - 3 ~ 5bar 까지 충기시간 : 4.00초 이내일 것 **AR 압력 측정** - 감압변 출력압력 측정 : 5.40 ± 0.10bar	7.61초 3.87초 5.42bar	합격 합격 합격
3	**RP(CP), AR회로의 기밀시험** - AR 회로의 기밀시험 : 누설량 0.04bar/분 이내일 것 - RP 회로의 기밀시험 : 누설량 0.04bar/분 이내일 것	0.00bar 0.01bar	합격 합격
4	**BP 회로의 기밀 시험** - BP 회로의 기밀시험-여과된 상태(BP1) : 누설량 0.05bar/2분30초 이내 - BP 회로의 기밀시험-직접공급 상태(BP2센서측) : 누설량 0.05bar/2분30초 이내	0.01bar 0.02bar	합격 합격
5	**제동실린더(BC) 회로의 기밀시험** - 고압 기밀시험 : AR 압력 누설량 0.10bar/2분 이내 - 저압 기밀시험 : AR 압력 누설량 0.10bar/2분 이내	0.03bar 0.00bar	합격 합격
6	**공기 작동 시험 1** 6.1파일롯(PP) 최대 측정 시험 - 역전류 전자변 공급전류 200mA : 0.10bar 이하일 것. - 역전류 전자변 공급전류 0mA : 3.80 ± 0.10bar 6.2 중계변전자변(MV-PE-BK-01) 작동 시험 - 중계변전자변 OFF BC의 최대 압력 : 1.60 ± 0.10bar - 상용압에서의 충기시간 : 1.00 ± 0.15초(1.60bar에서 3.60bar의 95% 충기시간) - 중계변전자변 ON BC의 최대 압력 : 3.60 ± 0.10bar 6.3 단계별 작동 능력	0.01bar 3.81bar 1.53bar 1.00초 3.68bar 계단압력 정상	합격 합격 합격 합격 합격 합격

I(mA)	220	150	100	60
BC 규격(bar)	0.10 이하	1.00 ± 0.30	2.30 ± 0.30	3.10 ± 0.30
BC 측정(bar)	0.00bar	1.08bar	2.19bar	3.02bar

0	60	100	150	220
3.60 ± 0.10	3.20 ± 0.30	2.35 ± 0.30	1.20 ± 0.30	0.10 이하
3.69bar	3.02bar	2.19bar	1.06bar	0.00bar

No.	시험항목별 확인사항 또는 허용치(Verification or values to be obtained)	측정 결과	시험 결과
7	**공기 작동 시험 2** 7.1 제동전환변(VA-SW-BK-01) 동작 시험 - 제동전환변 열림시 BP 압력 : 2.80 ± 0.20bar - 제동전환변 닫힘시 BP 압력 : 3.60 ± 0.20bar 7.2 BP배출변(VA-EV-BP-01) 동작 시험 - 둔감도 측정(FA-BO Φ1mm 배출시) BP 압력 : 5.00 ± 0.20bar - 민감도 측정(FA-BO Φ3.5mm 배출시) BC 압력 : 3.60 ± 0.10bar 7.3 공기 유량 시험(MV-SW-BK-01 OFF 후 BP 배기/공급에 따른 제동/완해시간) - BC 압력 3.6 ~ 0.4bar 배기 시간 : 1.50초 이내일 것 - BC 압력 0 ~ BC최대의 95% 충기 시간 : 0.45초 이내일 것 7.4 압력 스위치(PS-BK-EV-01) 동작시험 - 비상 정보 압력 : 2.50 ± 0.10bar - 복귀 압력 : 3.00 ± 0.10bar 7.5 패널의 완전 배기(배출변) - BC의 배기 시간(최대 압력에서 0.4bar 까지) : 30.00초 이내일 것	2.71bar 3.60bar 4.92bar 3.66bar 1.03초 0.24초 2.47bar 3.00bar 24.73초	합격 합격 합격 합격 합격 합격 합격 합격 합격
8	**BP 압력센서 SE-PE-BP-01 기능시험** - BP 0bar에서의 전류 값 : 3.60 ~ 5.10mA - BP 5bar에서의 전류 값 : 16.90 ~ 18.50mA	4.44mA 17.79mA	합격 합격
9	**WSP VALVE (활주방지변) 동작시험** - AEP 완해/충기 시험 : BC 완해/충기가 정상일것. - AER 완해/충기 시험 : BC 완해/충기가 정상일것.	이상 없음 이상 없음	합격 합격

고객, 환경, 미래와 소통하는 국민기업 코레일!

KORAIL 한국철도공사 연구원 청렴세상

수신자 차량기술단장(고속차량처장)

(경유)

제목 국가R&D개발품(KTX동력대차 제동패널) 단차시험 협조요청

1. 유진기공산업(주) 유진 제12-183호(2012.11.27.)호 관련입니다.

2. 국가R&D 「고속차량(KTX)용 제동시스템 및 제동장치 기술개발」 과제 일환으로 개발품 성능확인을 위해 아래와 같이 단차시험을 요청하오니 협조하여 주시기 바랍니다.

대 상 품 목	수량	소요시간	과제 책임자	연 락 처	비 고
KTX 동력대차 제동패널 조립체	1Set	취부:2h 탈거:2h	연 구 원:소진섭 유진기공:차세환	010-2636-0547 010-3682-8668	출입 허가 및 단차시험 협조

붙임 1. 관련공문 1부.
2. 검사성적서 1부.
3. 고장분석보고서 1부. 끝.

한국철도공사 연구원장

차장	소진섭	부장	정연일	기술연구처장	전결 11.27

협조자

시행 기술연구처-2168 (2012.11.27.) 접수 ( )

우 300-080 대전 동구 중앙로 242. / http://www.korail.com
전화 042-615-4732 /전송 02-361-8542 / sojin71@korail.com / 공개

동력차 제동패널 제동시험 작업표

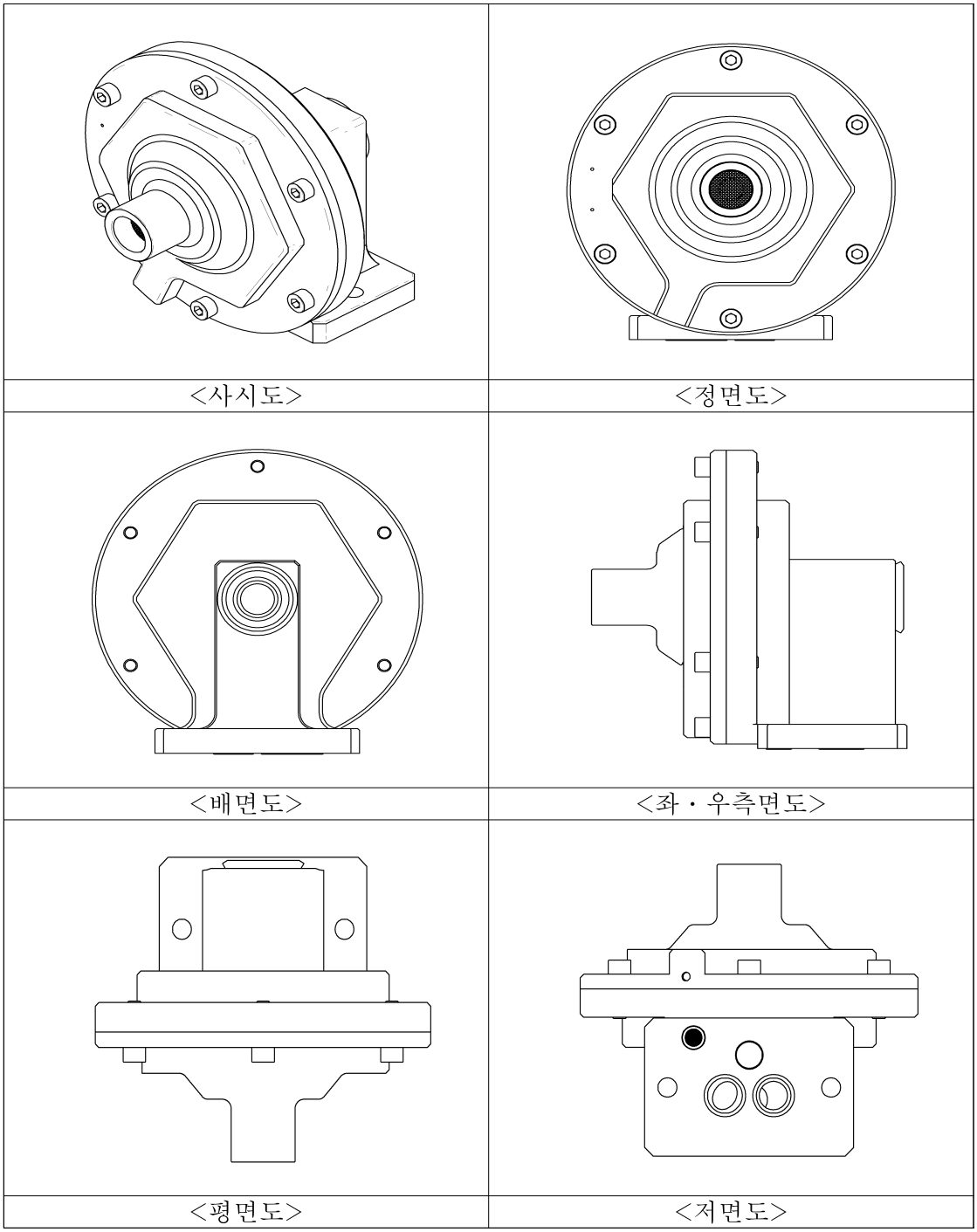
편성번호 : KTX 17	유지보수일자 : 2012년 12월 5일 ~ 20 년 월 일
주행키로(한, 기계) :	담당자 : / 확인자 :

작 업 내 용	점 검 항 목	점 검 결 과 B1	B2	B22	B23	비 고
1. 역조절전자변 GVI-CO-BK-01 동작시험 (PP)						
- 패널차단변 CC-IS-BK-01을 운전상태로 놓는다 - 시험기 분전반의 GVI-CO-BK-01에 전류계 연결 - MV-SW-BK-01 및 MV-PE-BK-02 "ON" - GVI-CO-BK-01의 전류를 "0"으로 유지	- PP 압력이 3.8±0.1bar 확인	3.81				
	- PP 압력 곡선을 그린다	V	V	V	V	
	- 제륜자의 체결상태 확인	V	V	V	V	
	- 제동표시기가 "적색"인지 확인	V	V	V	V	
- GVI-CO-BK-01의 전류를 점진적으로 증가 시킨다	- PP 압력이 떨어지는지 확인	V	V	V	V	
	- PP압력이 0bar일때 전류값 확인 : 200mA+20mA-10mA	214.4				
	- 제륜자의 완해상태 확인	V	V	V	V	
	- 제동표시기가 "녹색"인지 확인	V	V	V	V	
- GVI-CO-BK-01의 전류를 점진적으로 감소 시킨다	- PP압력이 증가하는지 확인	V	V	V	V	
	- 전류값이 0mA일때 PP압력이 3.8±0.1bar 확인	3.81				
2. 제동패널 감압변 VA-SL-BK-01 시험 (AR)						
- 패널차단변 CC-IS-BK-01을 차단상태로 놓는다 - 배출레버를 당겨 공기통 배기(MP VEH NEUTRAL위치) - GVI-C0-BK에 전류를 220mA 공급 - AR 압력곡선을 그린다 - 패널차단변 CC-IS-BK-01을 운전상태로 놓는다	- AR 압력이 0 → 5bar로 충기되는 시간 측정 : t < 10초	7				
	- AR 압력이 5.4±0.100bar로 안정 되는지 확인	5.36				
3. 제동시린더 및 보조공기통 회로 기밀성 시험 (AR)						
- GVI-CO-BK의 전류를 "0mA"로 유지	- 제륜자의 체결상태 확인	V	V	V	V	
- 압력이 안정될때까지 기다린다 - 패널차단변 CC-IS-BK-01를 차단위치로 놓는다 - AR 압력곡선을 그린다	- AR 압력이 떨어지는지 확인한다 : 누설량이 2분동안에 0.200bar이하	0.08	최대 AR [illegible]			
- 패널차단변 CC-IS-BK-01을 운전위치로 놓는다 - MV-PE-BK-02를 "OFF" 위치 - 압력이 안정될때까지 기다린다 - 패널차단변 CC-IS-BK-01을 차단위치로 놓는다 - AR 압력곡선을 그린다	- AR 압력이 떨어지는지 확인한다 : 누설량 이 2분동안에 0.200bar이하 - 패널차단변 CC-IS-BK-01을 운전위치로 놓는다	0.05				

작 업 내 용	점 검 항 목	점 검 결 과 B1	B2	B22	B23	비 고
4. 제동관 기밀성 시험(완해상태) (BP)						
- BP에 5bar의 공기를 공급한다 **(3번)** - 압력이 안정될때까지 기다린다 - BP에 압력공기 공급을 멈춘다 **(4번)** - BP 압력 곡선을 그린다	- BP 압력이 떨어지는지 확인한다 : 누설량이 2분 30초동안에 0.050bar 이하	0.03				
	- BP 압력이 변화되는지 확인한다	V	V	V	V	
5. 중계변 R-BK-PC-01 및 중계변전자변 MV-PE-BK-01 시험 (BC,BP)						
- MV-SW-BK-01를 "OFF" - 제동관압력을 "0"bar로 배출시킨다 **(1번)** - 압력이 안정될때까지 기다린다 - BC, BP 압력 곡선을 그린다	- BC 압력이 1.6±0.100bar인지 확인한다	1.52				
- MV-PE-BK-02를 "ON"	- BC 압력 증가시간을 측정한다 : 증가시간 ≤ 2초	2	2	2	2	
	- BC 압력이 3.6±0.100bar에서 안정 되는지 확인한다	3.64				
- BP에 5bar의 공기를 공급한다 **(3번)**	- BC 압력이 최대에서 0.400bar까지 떨어 지는 시간을 측정한다 : 감소시간 ≤2초	2	2	2	2	
- BP를 0bar로 배출시킨다 **(1번)**	- BC 압력이 0bar에서 3bar까지 증가하는 시간을 측정한다 : 증가시간 < 1초	1	1	1	1	
6. 제동전환변 VA-SW-BK-01 시험 (BC,BP,PP)						
- 시험기로 BP압력을 5bar로 공기를 공급한다 **(3번)** - 시험기의 MV-SW-BK-01 "ON", - 시험기의 GVI-CO-BK의 전류를 PP압력이 0bar로 될 때까지 조정한다 - 시험기의 MV-SW-BK-01 "OFF" - BC 압력 곡선을 그린다	- BC에 압력이 전혀 없는지 확인한다	0				
	- BC 압력이 2분동안 0bar로 유지되는지 확인한다	V	V	V	V	
- BP,PP 압력 곡선을 그린다 - 시험기로 제동**(1번)** 및 중립**(12번)**을 반복해서 작동하면서 BP를 서서히 배출시킨다	- PP 압력이 순간적으로 최대값으로 증가할때 BP압력을 기록한다	2.74				
	- BP 압력이 2.8±0.200bar인지 확인한다	V	V	V	V	
- 시험기로 공급**(11번)** 및 중립**(12번)**을 반복해서 작동하면서 BP를 서서히 공급시킨다	- PP 압력이 0bar를 향해 떨어지기 시작하는 순간의 BP 압력을 기록한다	3.67				
	- BP압력이 3.6±0.200bar인지 확인한다	V	V	V	V	

작 업 내 용	점 검 항 목	점 검 결 과				비 고
		B1	B2	B22	B23	
7. 제동관압력감지센서 SP-PE-BP-01 시험						
- 시험기의 Sensor of BP에 전류계를 연결한다 - 시험기로 BP를 0bar로 배출시킨다 (1번)	- 전류계의 전류값이 3.6 ~ 5.1mA인지 확인한다	3.91				
- 시험기로 BP를 5bar로 공급한다 (3번)	- 전류계의 전류값이 16.9 ~ 18.5mA인지 확인	17.40				
8. 자동배출변 VA-DR-PN-01 시험 (BC)						
- 시험기로 BP를 0bar로 배출시킨다 (1번) - 패널차단변 CC-IS-BK-01을 차단위치로 놓는다 - BC 압력 곡선을 그린다 - 배출레버를 순간적으로(한번) 당겨 BC 압력공기를 배출시킨다	- BC 압력이 0bar로 떨어지는지 확인한다 - 반대편 배출제어레버에서도 반복 시행한다	V	V	V	V	
9. 비상제동감지압력스위치 PS-EM-BK-01 시험						
- 시험기로 BP압력을 5bar로 공기를 공급한다 (3번) - 시험기로 제동(1번) 및 중립(12번)을 반복해서 작동하면서 BP를 서서히 배출시킨다	- 시험기의 PS-EM-BK-01 LOW램프가 점등될때 BP 압력을 기록한다	2.46				
	- 제동관압력이 2.5±0.100bar인지 확인한다	V	V	V	V	
- 시험기로 공급(11번) 및 중립(12번)을 반복해서 작동하면서 BP를 서서히 공급시킨다	- 시험기의 PS-EM-BK-01 HIGH램프가 점등될 때의 BP압력을 기록한다	3.02				
	- BP압력이 3±0.100bar인지 확인한다	V	V	V	V	

제8절 디자인 등록



[그림 3.7.16 철도차량 제동장치 중계변 디자인]

디자인등록증

CERTIFICATE OF DESIGN REGISTRATION

등 록 제 30-0653758 호 (REGISTRATION NUMBER)		출원번호 (APPLICATION NUMBER)	제 2011-0003260 호
		출 원 일 (FILING DATE:YY/MM/DD)	2011년 01월 26일
		등 록 일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD)	2012년 07월 20일
		등록의 구분 (TYPE OF REGISTRATION)	심 사 등 록 (EXAMINED REGISTRATION)

디자인의 대상이 되는 물품 (ARTICLE THAT IS THE OBJECT OF THE DESIGN)

철도차량용 제동 중계밸브

디자인권자 (OWNER OF THE DESIGN RIGHT)

등록사항란에 기재

창작자 (CREATOR)

이재영(710120-1******)

서울특별시 강남구 테헤란로28길 47, 네스빌 301 (역삼동)

위의 창작은 「디자인보호법」에 의하여 디자인등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

(THIS IS TO CERTIFY THAT THE DESIGN IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2012년 07월 20일

특 허 청 장

COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

연차등록료 납부일은 설정등록일 이후 4년차부터 매년 07월 20일까지이며 등록원부로 권리관계를 확인바랍니다.

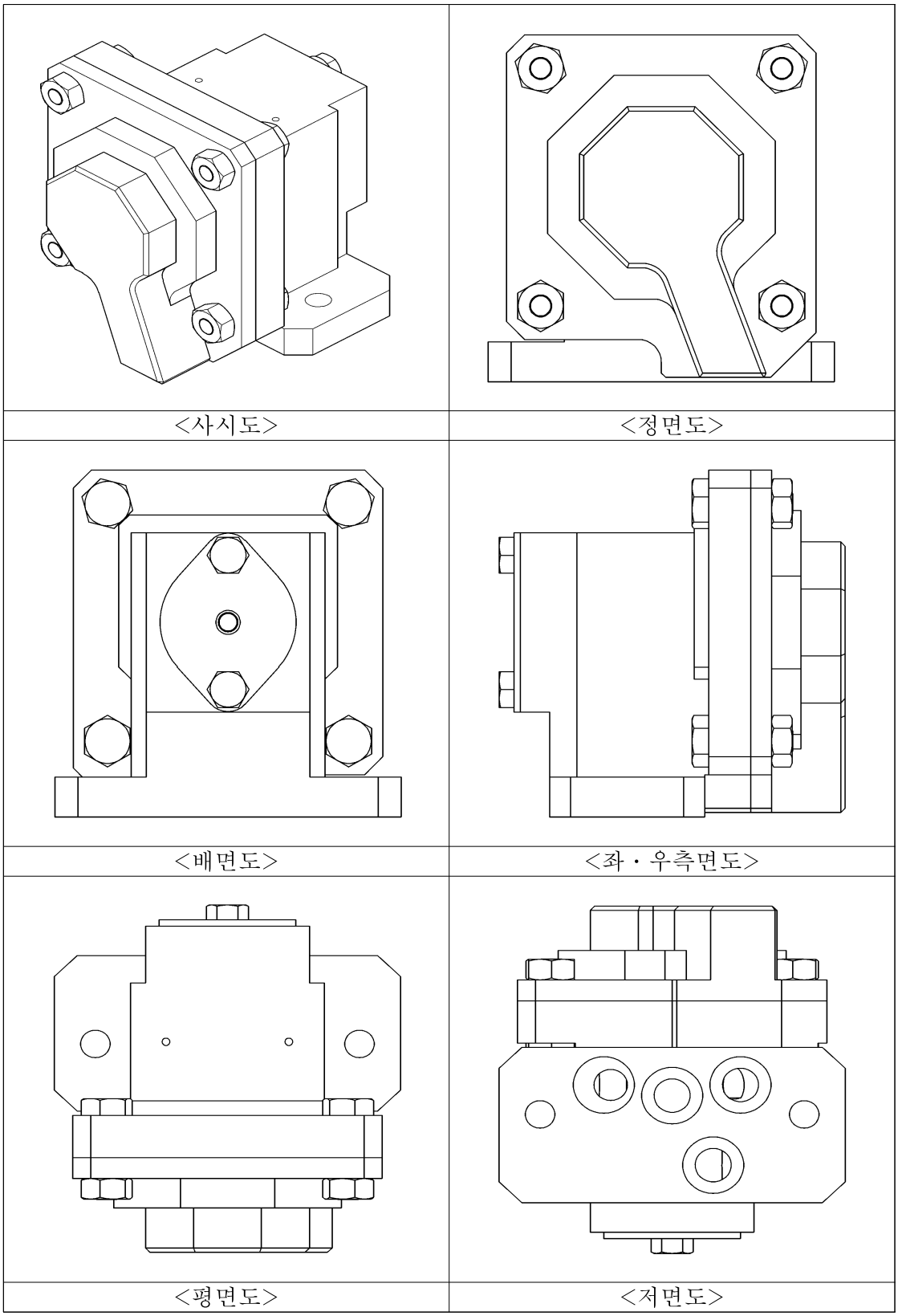
등 록 사 항

디 자 인 등록 제 30-0653758 호
(REGISTRATION NUMBER)

디자인권자 (OWNER OF THE DESIGN RIGHT)

유진기공산업주식회사(130111-0******)
경기도 안산시 단원구 산단로 242 (원시동)

한국철도공사(160171-0******)
대전광역시 동구 중앙로 240 (소제동)



[그림 3.7.17 철도차량 제동장치 차단변 디자인]

디자인등록증

CERTIFICATE OF DESIGN REGISTRATION

등 록 제 30-0653901 호 (REGISTRATION NUMBER)	출원번호 (APPLICATION NUMBER)	제 2011-0003263 호
	출 원 일 (FILING DATE:YY/MM/DD)	2011년 01월 26일
	등 록 일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD)	2012년 07월 20일
	등록의 구분 (TYPE OF REGISTRATION)	심 사 등 록 (EXAMINED REGISTRATION)

디자인의 대상이 되는 물품 (ARTICLE THAT IS THE OBJECT OF THE DESIGN)

철도차량용 제동 차단밸브

디자인권자 (OWNER OF THE DESIGN RIGHT)

등록사항란에 기재

창작자 (CREATOR)

이재영(710120-1******)

서울특별시 강남구 테헤란로28길 47, 네스빌 301 (역삼동)

위의 창작은 「디자인보호법」에 의하여 디자인등록원부에 등록되었음을 증명합니다.

(THIS IS TO CERTIFY THAT THE DESIGN IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2012년 07월 20일

특 허 청 장

COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

연차등록료 납부일은 설정등록일 이후 4년차부터 매년 07월 20일까지이며 등록원부로 권리관계를 확인바랍니다.

등 록 사 항

디 자 인 등록 제 30-0653901 호
(REGISTRATION NUMBER)

디자인권자 (OWNER OF THE DESIGN RIGHT)

유진기공산업주식회사(130111-0******)
경기도 안산시 단원구 산단로 242 (원시동)

한국철도공사(160171-0******)
대전광역시 동구 중앙로 240 (소제동)

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 연구목표 및 달성도

연 차	연구목표	주요 연구내용
1차년도	▪ 자료수집 -제동장치 자료 -유지보수 기준	▪ 고속차량에 대한 제동장치 파악 ▪ 현재의 유지보수 체계 및 절차 파악 ▪ 고속차량에 대한 현차 조사
	▪ 사용자/시스템 요구조건 도출	▪ 사용자 요구조건 도출 및 기능 분석 ▪ 시스템 요구조건 도출 및 기능 분석
	▪ 유지보수 관련 검토	▪ 기존제품의 유지보수 항목 검토
	▪ 인터페이스 검토	▪ 인터페이스 기본조건 분석
	▪ 검수종별 적절성 검토	▪ 현재 운용되고 있는 검수종별에 대한 조사
	▪ 제동장치 기본설계/상세설계(1)	▪ 시제품에 대한 List up ▪ 제작규격서 검토, 시험절차서 검토 ▪ 구성품 상세설계
	▪ 연차보고서 작성	▪ 1차년도 연구성과 보고서 작성
2차년도	▪ 제동장치 기본설계/상세설계(2)	▪ 1차년도 연속해서 기본/상세설계
	▪ 시제품 제작(1)	▪ 1차년도 설계완료 구성품, 시제품 제작
	▪ 시제품 제작(2)	▪ 2차년도 설계완료 구성품, 시제품 제작
	▪ 시제품 성능시험준비	▪ 제품규격서, 시험절차서 작성 ▪ 시험기 설계 및 제작
	▪ 유지보수 및 인터페이스 검토	▪ 기존제품과 시제품의 호환성 검토 ▪ 타기기와의 인터페이스 검토 ▪ 시제품과의 인터페이스 검토
	▪ 연차보고서 작성	▪ 2차년도 연구성과 보고서 작성
3차년도	▪ 유지보수 관련 검토	▪ 유지보수 비용(LCC) 검토
	▪ 유지보수 매뉴얼 작성	▪ 검수종별 개선방향 제시 ▪ 시제품에 대한 유지보수 매뉴얼 작성
	▪ 조립, 시험	▪ 각 구성품 조립, 시험 ▪ 제동패널 조립,시험(제품규격서,시험절차서)
	▪ 현차시험	▪ 현차시험 협의 ▪ 계측장비 준비 ▪ 현차취부 / 정적시험 / 현차 운행시험
	▪ 연차보고서 작성	▪ 3차년도 연구성과 보고서 작성 ▪ 개발과제 완료보고서 작성

1. 1차년도 연구목표 및 달성도

연구내용	추진 계획 및 방법	달성도
■ 자료수집, 분석	- 현 운용중인 고속차량 제동장치 자료 분석 및 관련 자료 수집 - 현재 유지보수 체계 및 절차 파악 - 관련 자료를 근거로 고속차량 현차성능 확인을 통하여 기본설계 근거를 마련	100%
■ 사용자/시스템 요구조건 도출 및 분석	- 사용자 요구조건 도출 및 기능분석 - 시스템 요구조건 도출 및 기능분석	100%
■ 유지보수 관련 검토	- 기존제품의 유지보수 항목 파악	100%
■ 인터페이스 검토	- 기존제품의 인터페이스 파악	100%
■ 검수종별 적절성 검토	- 현재 운용되고 있는 검수종별에 대한 조사	100%
■ 기본 및 상세설계 ■ 설계서 분석	- 기 개발품 적용 및 개발품 List Up - 개발품 제품규격서, 시험절차서 검토 - 구성품 상세 설계 - 설계서, 규격서 등의 타당성 검토	100%
■ 연차보고서 작성	- 1차년도 연구성과 분석 및 보고서 작성	100%

연구내용	성과지표		측정방법	달성 목표치	가중치 (0~1)	목표 달성도
	지표 기호	지표명				
-기술동향조사	A-1	기술동향조사실적	국내 공기지령식 제동장치 분석건수	5	0.2	100%
			국외 기술동향 조사건수	3		
-특허출원	A-2	특허출원건수	특허출원건수	1	0.05	100%
-수요자요구 반영	A-3	수요자요구반영실적	수요자요구조사 및 반영건수	1	0.45	100%
-설계도면 작성	B-2	설계도면 및 사양서 개발	약 25종 설계도면 개발건수	25	0.3	100%
-규격서 작성	B-3	설계도면 및 사양서 개발	약 25종 규격서 개발건수	25		

* 특허출원 결과취소 : 원심분리식 다이나믹 필터를 내장한 철도차량용 MR/BP차단변

2. 2차년도 연구목표 및 달성도

연구내용	추진 계획 및 방법	달성도
■ 기본 및 상세설계 보완 ■ 설계서 분석	- 1차년도에 계속해서 설계진행	100%
■ 시작품 제작 및 분석	- 1차년도 설계완료 구성품은 시작품 제작에 착수하고 계속해서 2차년도 설계완료, 구성품, 시작품 제작과 연속적으로 개발	100%
■ 시작품 보완 및 분석	- 1차년도 시작품 보완 및 분석 - 시제품 제작수량을 동력차 및 객차패널은 각 4유니트, 기관사 및 공압보조패널은 각 3유니트이상, 기타 장치는 각 4조 이상 제작	100%
■ 개발품 성능검증 준비	- 제품규격서, 시험절차서 작성 - 시험기 기본설계 및 상세설계 - 시험기 제작	100%
■ 유지보수 및 인터페이스 검토	- 기 개발품 적용 시 유지보수항목 및 호환성 비교, 검토 - 개발품 설계 시에 유지보수, 호환성 반영 - 기 개발품 적용 시 또는 개발품 설계 시에 인터페이스 검토, 반영	100%
■ 연차보고서 작성	- 2차년도 연구성과 보고서 작성	100%

연구내용	성과지표		측정방법	달성 목표치	가중치 (0~1)	목표 달성도
	지표 기호	지표명				
-실용신안 출원	B-1	실용신안 출원건수	실용신안 출원건수	1	0.05	100%
-설계도면 개발	B-2	설계도면 개발	단위제품 설계도면 작성건수	25	0.3	100%
-규격서 작성	B-3	규격서 개발	단위제품 규격서 작성건수	15		
-시제품 출시	C-1	시제품 출시건수	시제품 출시건수	43	0.65	100%

* 디자인 2건 출원(2011.1.26.), 등록(2012.7.20.) : 철도차량용 제동 중계밸브/차단밸브

3. 3차년도 연구목표 및 달성도

연구내용	추진 계획 및 방법	달성도
■ 시제품 출시	- 패널 조립체 4종 제작	100%
■ 시험절차서 작성	- 패널 조립체 4종에 대한 시험절차서 작성	100%
■ 개발품 단품시험 검증	- 공인기관 입회 단품 성능시험	100%
■ 개발품 환경시험 검증	- 공인기관 입회 환경시험	100%
■ 개발품 진동시험 검증	- 공인기관 입회 진동시험	100%
■ 핵심부품 내구성 시험	- 핵심부품(3종) 내구성시험+추가 13종	100%
■ 현차시험	- 현차시험 협의, 계측장비 준비 - 현차취부 및 정적시험 - 현차 운행시험 · 현차 정적상태에서 차상컴퓨터 및 제동패널간 인터페이스시험, 시스템 성능시험	100%
■ 유지보수 비용(LCC) 검토	- 코레일 자료반영, 유지보수 비용 분석	100%
■ 유지보수 매뉴얼	- 검수종별 개선방향 제시 - 개발품에 대한 유지보수 매뉴얼 작성	100%
■ 연차보고서 작성	- 3차년도 연구성과 보고서 작성 - 개발과제 완료보고서 작성	100%

연구내용	성과지표		측정방법	달성 목표치	가중치 (0~1)	목표 달성도
	지표 기호	지표명				
-시제품 출시	C-1	시제품 출시건수	시제품 출시건수	4	0.05	100%
-시험절차서 작성	C-2	시험절차서 작성건수	시험절차서 작성건수	4	0.05	100%
-개발품 단품시험 검증	D-1	품질검증 건수	검사 성적서 건수	40	0.05	100%
-개발품 환경시험 검증	D-2	품질검증 건수	검사 성적서 건수	12	0.05	100%
-개발품 진동시험 검증	D-3	품질검증 건수	검사 성적서 건수	12	0.05	100%
-핵심부품 내구성 시험	D-4	내구성시험 실적	반복시험 결과서 건수	3	0.05	100%
-현차시험 협의 -계측장비 준비 -현차취부 / 정치시험 / 현차 운행시험	D-5	현장적용건수	개발된 시제품의 현차적용 운행시험 결과보고서 건수	1	0.4	100%
-유지보수 비용 (LCC) 검토	E-1	LCC 절감 효과	유지보수 비용분석 건수	1	0.1	100%
-유지보수 매뉴얼	E-2	지침/매뉴얼의 개발 및 보급	유지보수매뉴얼 작성건수	1(42)	0.2	100%

제2절 관련분야에의 기여도

1. 기술적 기여도

- KTX 운용과정에서 발생한 요구조건을 반영하여 업무개선
- 제동시스템 및 장치의 독자 기술 확보와 차량운영 효율향상
- KTX 제동시스템 및 장치의 국산화개발로 안정적이고 신속한 부품공급
- 시제품에 대한 유지보수매뉴얼 작성으로 최적의 유지보수방안 도출
- 시스템 인터페이스 시험 데이터 확보에 따른 설계기술자료 확보
- 각종 시험 항목, 절차, 기준, 관리, 장비 등을 포함한 성능평가 기술력 확보
- 고속차량 제동시스템 시험평가 분야 신기술 확보로 기술자립 달성
- 제동시스템 기술력 확보에 의한 국내외 프로젝트에서의 경쟁력 확보

2. 사회경제적 기여도

- 현 KTX 차량용 제동시스템 및 장치의 고가 외자품에 대한 국산화 개발로 유지보수 비용절감
- 시스템 개발 사양 작성 및 인터페이스 적합성 검토로 실용화 기반 구축
- 외자부품의 국산화 개발에 의한 국·내외 시장 경쟁력 확보 및 관련 산업의 국제 경쟁력 강화
- 신규시장 확보를 통한 매출증대를 통하여 투자비용에 대한 회수 및 지속적인 시장확보 가능
- 지속적으로 전개되는 국내 신규 고속철도 물량과 2020년 이후의 KTX 차량 대체 물량에 맞추어 제동시스템 및 장치의 국산화 기반 확보

제5장 연구개발결과의 활용계획

KTX 제동시스템 및 장치의 요구조건을 반영하고, 기존품과 시제품간의 호환성 및 각 기기간의 원활한 인터페이스를 확보에 주안점을 두었다. 시제품 47종은 규격서와 시험절차서에 따라 제작되었다. 제작사에서 보유하고 있는 자체 시험기로 충분한 성능을 확인하고, 철도공사에서 보유하고 있는 시험기로 재차 개발품의 성능을 확인하여 신뢰성을 확보하는데 노력하였다.

공인인증기관인 로테코의 입회하에 개발품별 규격서에 맞는 성능확인과 KS 규격에 따른 환경·진동시험을 수행하였다. 현차 취부 전에 철도공사의 시험기를 마지막 성능을 확인한 이후에 정적시험으로, 단차시험과 패널 조립체의 교환에 따른 중정비 검수 수준의 시험을 진행하여 시운전을 위한 최적의 조건임을 확인한 다음에 수도권철도차량정비단의 시험노선에서 구내 시운전을 완료하였다.

수도권철도차량정비단에서 서대전역까지 본선 시운전을 완료하여 개발품의 성능을 확인하였다. 개발품을 부착하고 지속적인 시험을 진행하여야 하지만, 주말열차 증편으로 인해 예비차 확보에 어려움이 있었다. 더욱이 시운전시험 일정의 촉박함과 본선 시험운행 후 바로 기존품으로 재 취부하여 영업열차 운행을 하는 촉박한 일정으로 진행되었다. 충분한 시험일정이 확보되지 않은 시기에 총 18개 품목 중에 차단콕크를 제외한 17개 품목을 현차에 취부하였으며, 단차시험과정에서 발생된 동력대차 제동패널의 비상감지압력스위치 내 스프링 작동불량은 운행 중 안전을 고려하여 기존품으로 다시 취부해야 하는 아쉬움이 있었다.

본 연구성과물인 설계도면, 규격서, 시험절차서, 유지보수매뉴얼, 유지보수 비용 산정 자료는 공사에서 활용할 것이며, 제동장치는 안전에 중요한 장치로, 계절적인 환경을 충분히 반영하여 주어진 내구성 평가시험을 통하여 만족한 성능이 확보하기 위해서는 별도의 예비편성이 필요한 시점이다.

제6장 참고문헌

1. 鐵道車兩新指導書編集委員會, 『鐵道車兩新指導書(ブレーキ編)』, (社)日本鐵道車兩機械技術協會, 2004, pp.1～230.
2. 한국철도공사 차량기술단 고속차량팀, 『고속차량기술백서』, 한국철도공사, 2008.
3. 新井 浩 ほか,『新幹線高速化のブレーキシステムについて』, JReast Technical Review No.22
4. 南京 政信 ほか, 『停めるの基本』, 日本鉄道総合技術研究所, 2008
5. 森田昇三 ほか,『空壓キャリパを用いたオイルレスな新幹線ブレーキシステムの開發』, 三菱重工技報 Vol. 40, 2003
6. 강길현, 『고속철도차량 유지보수론』, (사)한국철도차량엔지니어링, 2009
7. 철도경영연수원, 『공기제동(고속철도 공기제동반)』, 양동사, 2001
8. 고양고속철도차량관리단, 『공기제동장치』, 양동사, 2004
9. 장경수 외, 『세계의 고속철도』, 골든벨, 1999
10. 김원회, 『새로운 유공압공학』, 성안당, 2009
11. 백남욱, 『철도차량핸드북』, 기전연구사, 2006
12. L.Lowenstein 외, 『The intelligent integration of traction, Bogie and Braking Technology』, WCRR2008
13. 김영국 외, 『제동시 점착력과 제동력의 관계에 대한 고찰』, 2007추계철도학회, 2007
14. 국토부/한국건설교통기술평가원, 『 미래철도기술개발사업 기획연구 최종보고서 「고속철도 차량용 제동시스템 및 제동장치 기술개발」』, 한국철도공사, 2008.
15. 한국철도공사, 『고속철도운용효율화기술개발기획(고속철도차량용 제동시스템 및 제동장치 기술개발)』, 2008.
16. 건설교통부・한국건설교통기술평가원, 『제동장치 실용 기술개발 최종 연구보고서』, 조양문구사, 2007.
17. 한국철도기술연구원, 『차세대 고속철도 기술개발사업(최고시속 400km 고속열차(HEMU-400X) 개발) 기획보고서』, 2006.
18. 철도청(철도경영연수원), 『공기제동』, (주)양동사, 2001.

19. 한국철도기술연구원, 『제동장치 성능 및 신뢰성 향상 분석』, 2001.
20. 한국철도기술연구원, 『철도차량의 제동성능 향상에 관한 연구』, 1996.
21. 十河信二, 『新幹線のしくみ』, 新星出版社, 2007.
22. 佐藤芳彦, 『新幹線テクノロジー(0系から800系九州新幹線の高速車両技術)』, 山海堂, 2004.
23. Denis Redoutey, 『LE MATÉRIEL MOTEUR DE LA SNCF』, La vie du Rail, 2007.
24. 安炳瑞, 『制動裝置 構造 및 理論』, 友情印刷社, 1992.
25. 철도청 차량국, 『전후동력형 새마을 동차(DHC) 검수지침서』, 1992.
26. 현대로템(주) 기술연구소, 『KORAIL KTX-II 100량 신규고속차량 일반』, 삼성종합인쇄사, 2009.
27. 한국철도공사, 『고속차량(KTX)용 제동시스템 및 제동장치 기술개발』, 1차년도 보고서, 2010.
28. 한국철도공사, 『고속차량(KTX)용 제동시스템 및 제동장치 기술개발』, 2차년도 보고서, 2011.