

R&D / 08
미래
철도
기획
A01-1

고속
철도
차량
용

2008

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

미래철도기술개발사업 기획연구 최종보고서

R&D / 08 미래철도 기획A01-1

고속철도 차량용 제동시스템 및 제동장치 기술개발

2008. 11.

주관연구기관 / 한국철도공사

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

국토해양부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

본 보고서를 “고속철도 차량용 제동시스템 및 제동장치 기술개발”의 최종보고서로 제출합니다.

2008. 11. 7.

주관연구기관 : 한국철도공사
사장 강 경 호

■ 총괄연구책임자	/ 수석연구원	최 성균	연구총괄기획·추진
■ 주관연구기관 참여연구원	/ 연구원	김 현식	공동연구
	/ 연구원	소 진섭	공동연구
	/ 연구원	이 영엽	연구지원
	/ 연구원	이 준원	연구지원
	/ 연구원	국 문석	연구지원
■ 주관연구기관 자문위원	/ 성균관대	김 윤제 교수	공동연구
	/ 성균관대	김 태운 연구원	공동연구

목 차

1. 서론	1
1.1 기술개발 필요성	1
1.2 기술개발 목표	3
1.3 기술개발 추진 방법	6
1.4 기술개발 SWOT 분석	7
2. 국내 · 외 기술 동향 분석	9
2.1 국내 기술개발 현황	9
2.2 국외 기술 사례	11
2.3 국내외 관련기술 특허	13
2.4 향후 제동시스템 패턴 전망	19
3. 개발기술 분석	22
3.1 고속철도차량(KTX) 제동시스템 이해	22
3.2 고속차량(KTX) 제동시스템 개요	28
3.3 고속철도차량(KTX) 제동성능 분석	30
3.4 운용과정에서 발생한 유지보수 측면에서의 요구조건	63
3.5 성능측면에서의 일반적 요구조건	65
3.6 정비이력에 대한 체계적인 데이터베이스 구축 관련 핵심기술 분석	66
3.7 유지보수 시스템 기술 도출	68
4. 연구개발 수행체계 도출	71
4.1 단계별 연구내용	71
4.2 개발(예정) 품목	73
4.3 각 페널별 블록 다이어그램	78
4.4 상세 개발품목 및 시제품 제작수량	82

4.5 개발품 검증	88
4.6 연구추진체계 구성	90
4.7 연구수행 일정표	92
4.8 평가 착안점	94
5. 소요 인력 및 예산 분석	96
5.1 소요예산 인력 추정	96
5.2 소요예산 예산 산출	97
6. 연구결과의 활용방안 및 기대효과	101
6.1 연구결과의 활용방안	101
6.2 기대효과	101
별첨 (RFP)	104

1. 서 론

1.1 기술개발 필요성

경부고속전철 (KTX)은 국내 도입당시 핵심 기능부품 등은 프랑스 알스톰 (ALSTOM)사가 기술이전을 기피하여 전량 수입하였으며, 가장 핵심적인 부품중 하나인 제동시스템 또한 프랑스 사브와브코(SAB WABCO)사로부터 전량 수입된 후, 조립되어 경부고속전철에 장착 및 사용되고 있다.

현재 상용운전 중인 KTX는 철도공사가 외주 또는 자체적인 설비와 인원을 확보하여 중, 경정비를 하고 있으며, 소모성 부품이 많고 주기적으로 필히 교체해야 하는 제동장치의 유지보수 부품은 원제작사로부터 전량 수입하고 있는 실정이다.

최근 유로화의 강세와 선진국의 소모성 부품에 대한 고가정책으로 연간 수십억원의 유지보수 비용이 해외로 유출되고 있는 실정이다. 제동장치의 핵심부품에 대한 국산화는 유지보수 비용절감에 큰 영향을 줄 것으로 판단됨과 동시에 유가급등에 의한 추가적인 지출 또한 방지할 수 있을 것으로 사료된다.

국내 자체기술이 없을 경우 지속적으로 유지보수 비용의 증가가 예상됨은 물론 유지보수 기술의 미확보로 인하여 고속전철의 안전성 확보가 어려울 뿐만 아니라 이로 인하여 현재 꾸준히 증가하고 있는 KTX 이용자의 수요에 영향을 미칠 것이다.

이러한 상황아래 가장 효율적인 유지보수 수준을 유지하기 위해서는 제동장치 부품의 국산화가 반드시 필요하다. 현재 수입에 의존하고 있는 핵심부품 등을 국내에서 개발하지 못할 경우, 시간이 흐를수록 독점으로 인하여 계속적인 유지보수 비용이 상승하게 된다. 2009년부터는 중수선이 예상되는 만큼 소요되는 부품들의 외국산 독점으로 인하여 막대한 비용을 들여 구매할 수밖에 없는 현실이다.

현재 KTX의 운영에 따른 경상수지 내역을 보면 유지보수에 전체비용의 60%이상을 사용하고 있으며, 국내 기간산업의 중추적 역할을 하는 고속철도 차량으로서 제작 시 20년 이상을 운행하여야 하므로 차량 수명이 다할 때까지 경정비 및 중정비를 지속적으로 실시해야 한다.

KTX의 경정비 및 중정비에 소요되는 제품 및 부품을 매년 정기적으로 구매 추진하여야 하며, 시간이 흐를수록 부품단위에서 제품단위 등으로 개량해야 하므로 막대한 구매비용이 들어가게 된다. 그러므로 보수유지에 필요한 부품비용의 적정한 수준을 유지하기 위해서는 국산화 추진이 시급하다. 국산화할 경우에 제품을 단기간에 공급할 수 있고 제품을 적기에 수급할 수 있어 사고 발생시 복구의 신속성과 더불어 KTX 이용자로부터 안전성과 신뢰성을 동시에 얻을 수 있다.

현재 우리나라에서 개발 중인 고속철도 차량의 제동시스템의 경우 국내기업 단독으로 제동시스템 및 부품을 개발하는데 막대한 개발 비용을 투자한다는 것은 불가능하다. KTX 제동시스템 제품 및 부품을 국산화하여 적용함에 있어 빠른 시일 내에 개발에 착수하지 않을 경우에는 시기를 놓쳐 개발 가치를 잃을 뿐만 아니라 시간이 흐를수록 막대한 개발비용을 투입해야 할 것으로 예상된다.

국가 기간산업의 중추적인 역할을 하는 차세대고속철도의 핵심 기술인 제동시스템의 기술력 확보는 현재의 기술 종속적인 국제 관계에서 동등한 위치의 기술보유 국가로서의 국제적인 위상을 높일 수 있으며, 향후 고속철도 차량의 첨단제동시스템 기술을 보유하는 국가에 도달할 수 있는 기회가 될 것으로 예상된다.

○ 기술적 측면

- 고속철도차량 (KTX)에 적용된 제동장치에 대한 성능 파악을 통하여 현재 운행되고 있는 유지보수 시스템을 국내 현실에 맞도록 현실화 하고, 운용과정에서 발생한 요구조건을 반영하여 업무개선 및 제품의 성능향상을 도모함.

- 제동시스템에 대한 기술력 확보를 통하여 향후 진행되는 프로젝트에서 경쟁력 있는 제동시스템의 제안이 가능할 것으로 판단됨.
- 경제·산업적 측면
 - 지속적으로 이용객이 증가하는 KTX에 대하여 핵심부품의 국산화 대체로 유지보수 비용을 절감하고 운용측면에서의 계획보수에 대한 제안을 통하여 운용의 효율성을 확보할 수 있음.
 - 동일 제품에 대한 기술력 확보를 통한 가격상승 억제등 간접적인 효과가 있을 것으로 예상됨.
- 사회·문화적 측면
 - 최근 국책사업으로 개발된 고속전철 및 전라선 고속전철에 대한 국산화가 진행되고 있는 시점에서 본 사업을 통한 고속전철의 핵심 기술개발에 성공할 경우 제동시스템에 대한 실질적인 국산화 개발이 이루어질 수 있다고 사료됨.
 - 이를 통하여 철도차량의 안전한 제동시스템 구축을 통한 고속철도 이용의 활성화가 예상됨.

1.2 기술개발 목표

KTX의 공기제동 시스템은 대차제어방식으로서 대차당 제동패널을 구성하여 각각의 대차에 효율적으로 공기제동을 분담한다. 공기제동장치를 크게 객차대차 제동패널, 동력대차 제동패널, 기관사 제동패널, 공압보조패널, 기초제동장치, 공압현가장치 (pneumatic suspension)로 분류할 수 있다. Fig. 1은 KTX 제동장치의 개략적인 구성도이다.

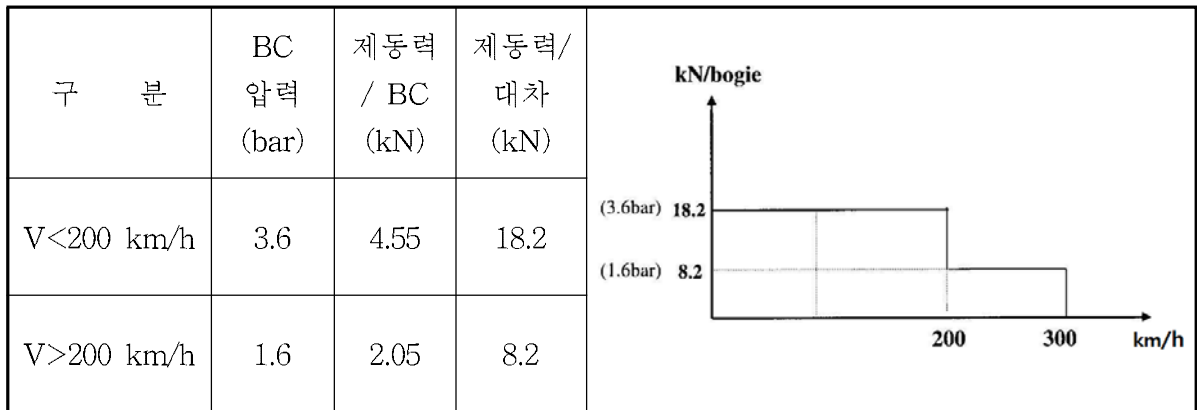


<Fig. 1 KTX 제동장치의 개략도>

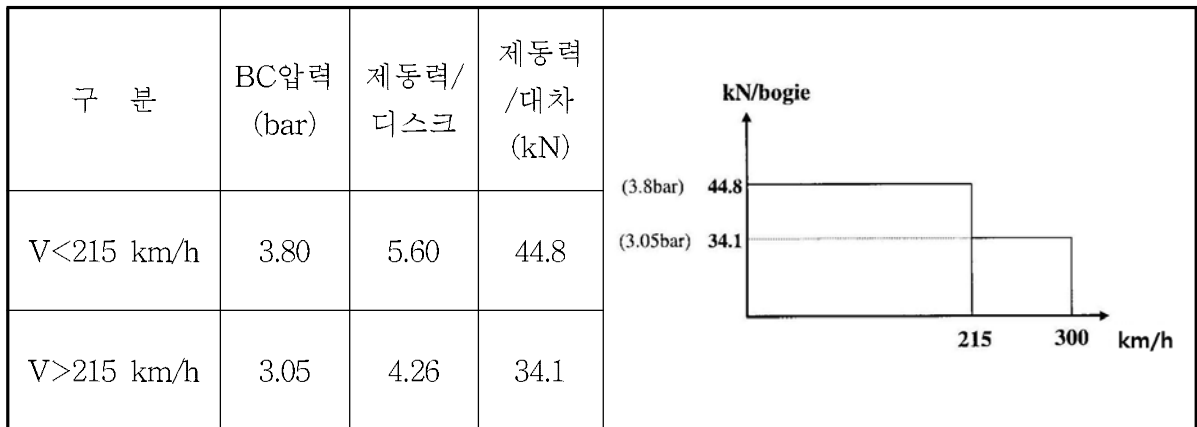
동력차 차량(대차)에서는 회생제동, 저항제동, 공기제동의 혼합제동방식이 적용된다. 한편, 여객차량(대차)에서는 2단계 공압제동 방식을 채택하게 되는데, 공압제동 지령을 담당하는 기관사 제동패널, 비상제동 및 살사장치를 겸비한 공압 보조패널이 있다. 동력대차는 주차제동실린더를 포함하는 담면 제동장치, 객차대차는 축당 4개의 디스크 제동실린더, 그리고 하중에 비례하여 차량의 높이를 일정하게 하는 현가장치를 포함한 공기제동시스템으로 구성된다.

고속차량(KTX) 제동시스템 및 제동장치 국산화 개발 사업에서는 이러한 공압 제동시스템의 분석과 제동장치 부품을 국산화하여 최적화 유지보수 방안을 도출할 수 있다. 국산화 개발품을 유지보수에 적용함으로써 유지보수비용을 절감하고 효율적인 유지보수를 실현하는데 중점 목표로 설정하였으며 구체적인 공압 제동시스템의 성능 목표는 다음과 같다.

(1) 동력대차



(2) 객차대차



1.3 기술개발 추진 방법

고속철도차량(KTX)의 공압 제동시스템은 국내의 G7 개발차량, 전라선(KTX-II) 고속철도차량과 시스템 유형을 달리하고 있으며 기본적으로 UIC 기준의 공압식 제동 부품이 적용되고 있어 국내 개발차량의 전기식 제동 방법과는 많은 차이를 나타낸다.

아울러 국내에서는 UIC 기준의 제동부품개발이 미약하여 면밀한 제동장치 분석이 요구되며, 이러한 분석을 위해서 산, 학, 연의 다양한 연구진 구성이 필요하다. 또한 대부분 제동장치부품은 금형류를 개발해야 하기 때문에 철도차량 공압부품 설계 유경험자의 기술력을 바탕으로 정밀한 설계, 개발을 추진해야 한다.

공압제동장치 개발에서는 다양한 제동부품이 개발되기 때문에 유니트로 분류하여 개발을 진행한다. 1차년도에는 주로 자료조사 및 관련기술 확보, 현차조사 등으로 정확한 제동시스템 분석과 기본설계를 진행하며 하반기에는 부분적으로 상세설계를 수행한다. 2차년도에는 집중적으로 상세설계를 진행하여 시제품, 시제품 제작에 주안점을 두며, 3차년도에는 조립 및 검증, 현차시험을 실시한다. 시제품은 객차와 동력대차 패널 각각 4유니트(형식시험:1, 현차시험:2, 예비품:1), 기관사, 공압보조패널 각각 3유니트(형식시험:1, 현차시험:1, 예비품:1)를 제작한다. 또한, 현가장치는 각 패널과 연계 설치하여 시스템의 호환 유무를 시험하기 위해서 6대차 분을 기준으로 제작하며 현차시험을 통하여 각각의 패널과 현가장치의 호환성 및 최종성능을 평가할 수 있도록 추진되어야 한다(수량은 가변적임).

1.4 기술개발 SWOT 분석

기술개발을 효율적으로 수행하기 위한 제 요인 분석이 요구되며, 이를 Table 1에 도시하였다.

(1) 시장/기술의 특징

(가) 시장특징 : 경부선 및 호남전라선용 고속철도차량의 투입 및 전철화 확대에 따른 수요급증에 의해 지속적인 증가가 예상됨.

(나) 기술특징 : 중, 저속철도차량은 국내에서 설계, 제작하여 운행하고 있으나, 고속 철도 차량은 프랑스에서 KTX를 도입하여 운행 중이며, 기술적인 경험이 없음.

(2) 기회/위협 요인

(가) 기회요인 : 고속철도차량을 국내에서 3년 이상 운행한 실적이 있어 KTX에 대해 선진기술을 파악하는데 절호의 기회임.

(나) 위협요인 : 국산화 개발을 위한 기술 자료가 거의 없는 실정이므로, 국산화 개발을 위협하는 장애요소가 됨.

(3) 강점/약점 요인

(가) 강점요인 : 고속차량인 G7 고속전철기술개발 프로젝트의 성공으로 제동시스템에 대한 시스템 엔지니어링 기술을 확보하고 있으며 KTX-II 제동장치의 개발을 통하여 기술력을 인정받고있음.

(나) 약점요인 : 기술자료(상세도면, 규격서, 정비매뉴얼 및 기타 기술자료)가 없으므로, 개발함에 있어 막대한 시간과 비용이 소요됨.

<Table 1 기술개발 SWOT 분석>

	O(기회)	T(위협)
SWOT 분석을 통한 전략방향 도출	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 선진기술 파악 ◦ 제동장치 국산화추진 ◦ 보수품의 양산 납품 ◦ 차세대 시스템 개발 ◦ 국가 경쟁력 강화 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기술자료 부족 ◦ 개발기간 지연 ◦ 과도한 개발비용
S(강점)	SO전략	ST전략
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 전동차 및 중저속 고속화차 제동시스템 설계, 제작 및 납품 ◦ G7-프로젝트 개발과제 수행 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 전동차 및 중,저속 제동시스템 설계를 바탕으로 고속차량 선진기술 배양 ◦ G7-프로젝트의 경험으로 더욱 양호한 품질의 제동장치 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 전동차, 중저속 화차 및 G7-프로젝트 설계한 경험으로 기술자료 없는 상태에서 개발 추진
W(약점)	WO전략	WT전략
<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기술자료(상세도면, 규격서 및 정비매뉴얼) 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기술자료는 없으나, 개발한 경험으로 보유한 기술자료를 근거로 샘플을 이용하여 개발 추진 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기술자료가 없으므로 샘플을 이용하여 재질 및 치수등을 동일하게 설계하여 불량률 최소화 추진

2. 국내 · 외 기술 동향 분석

KTX 고속철도는 최고속도 300 km/h에서 3,500 m의 비상제동거리와 감속도 1.04 m/s²의 제동성능이 요구되며, 동력대차는 전력 회생 제동이 주로 사용되고 객차대차는 공압식 제동이 사용된다. 동력대차에서는 전기식 제동(회생 제동, 발전제동)과 마찰제동(공기제동)이 분담하지만 정상적인 차량의 운행에서는 전기식 제동을 최대로 사용하고 전기제동력이 부족할 때에는 마찰제동이 보충적으로 이루어진다. 객차대차에서는 215 km/h 속도를 기준으로 고속영역과 저속영역 2단계로 구분되어 마찰제동(공기제동)이 적용되며 전기제동과 마찰제동을 통한 열차속도를 제어함으로서 제동제어의 신뢰성 확보를 통한 안전기술을 향상시키고 있다.

마찰제동은 공기압축기 및 주변장치, 공기제동 제어 및 기초 제동장치로 작동하게 되는데, 객차대차는 디스크 제동, 동력대차는 답면 제동으로 구성되며 각각의 구성부품이 고도의 신뢰성과 내구성을 요하는 정밀기계장치 또는 첨단 소재로 제작되고 있다. 제동제어 기술은 공압(pneumatic) 및 메카트로닉스(mechatronics), 트라이볼로지(tribology)의 복합기술로서 제동력과 그에 따라 발생하는 힘과 변형에 착안하고 접촉부에 발생하는 다양한 물리적 현상 규명을 필요로 한다.

2.1 국내 기술개발 현황

기존 철도차량의 운용을 통하여 다수의 제동부품이 국산화 개발 연구와 함께 시험평가 기술도 발전해 왔다. 국내 화차의 제동장치는 현재 2종류가 국산화되어 사용되고 있으며, 컨테이너 화차에는 국내 유일하게 개발된 UIC 규격의 P4a 제동장치, 나머지 화차에서는 KRF-3 제동 장치가 적용되고 있다. 객차인 경우 전후동력 새마을호 동차는 KNORR 수입품인 7-단계 형식의 KbrX1 제동장치가 사용되고 있으며, 우편차인 경우 주로 KNORR 수입품인 KEN 3.4.2 제동장치가 사용되고 있으며, 이들 차량의 유지보수 비용도

상당히 고가이다. 무궁화호 객차는 ERE형의 제동장치, 도시 통근형 동차는 CLE형의 제동장치가 국산화되어 사용되고 있다. 전동차가 도입되면서 전동차 제동장치는 빠르게 국산화를 추진하였고 표준전동차를 합동 설계, 제작하면서 제동장치(회생장치)의 급격한 기술 도약의 계기가 되었으며 현재 고속차량의 설계 기술을 일부 보유할 수 있게 되었다. 다만, UIC 기준 공압식 제동방식과 기술적인 차이가 있으며 향후 수출을 고려한 개발전략이 필요한 시점에 있다.

철도연구원에 설치중인 400 km/h급 고속 제동시험기를 활용하여 시험 방법과 국가 표준규격 및 성능기준을 설정하고 핵심기술을 실용화해야 할 것으로 판단된다. 또한, 고속철도차량이 안정화 될 때까지 운용시의 제반 현상을 모니터링하여 터널과 교량이 많고, 고속열차의 기존선 운행에 의한 제동 제어의 신뢰성을 높이기 위한 기술개발을 추진해야 할 것이다.

2004년의 고속철도 개통과 이후의 안전한 철도를 구현하기 위하여 현재의 150 km/h의 저속철도차량에서 300 km/h급 이상의 고속철도차량에 대응하는 핵심기술 기반을 구축하고 실용화 기술을 확보해야 하며, 이를 국제수준으로 선진화하기 위해 국내기업의 품질확보를 지원하기 위한 성능시험 평가기술 확보가 시급한 실정이다. Table 2는 국내 고속차량의 제동시스템을 비교한 것이다.

<Table 2 국내 고속차량 제동시스템 비교>

	경부고속열차(KTX)	한국형 고속열차 (HSK-305x)	전라선고속열차 (KTX-II)
최고운행 속도	300 km/h	350 km/h	300 km/h
제동 시스템	<ul style="list-style-type: none"> ● 전기식 제동 <ul style="list-style-type: none"> - 회생제동 - 발전제동 ● 기계식 제동 <ul style="list-style-type: none"> - 동력차 담면제동 - 객차 디스크제동 	<ul style="list-style-type: none"> ● 전기식 제동 <ul style="list-style-type: none"> - 회생제동 - 발전제동 ● 기계식 제동 <ul style="list-style-type: none"> - 동력차 담면제동 - 휠디스크 - 객차 디스크제동 	<ul style="list-style-type: none"> ● 전기식 제동 <ul style="list-style-type: none"> - 회생제동 - 발전제동 ● 기계식 제동 <ul style="list-style-type: none"> - 동력차 담면제동 - 객차 디스크제동
제어방식	공압식 (고속영역+저속영역)	전기식 (연속제어)	전기식 (연속제어)
제동력 제어장치	추진제어방식(TCU) 구원제동장치(BTU) 제동블랜딩제어장치(BBCU)	추진제어방식(TCU) 구원제동장치(BTU) 제동블랜딩제어장치(BBCU) 와전류제어장치(ECCU) 제동전자제어장치(ECU)	추진제어방식(TCU) 구원제동장치(BTU) 제동블랜딩제어장치(BBCU) 제동전자제어장치(ECU)

2.2 국외 기술 사례

일본 철도는 RTRI(철도종합기술연구소)에서 제동장치의 연구개발을 추진해 왔으며, 500 km/h급 고속용 실물 제동시험기(brake dynamometer)를 보유하고 실험 및 연구를 지속적으로 수행하고 있다. 또한 고속차량용 제동장치를 개발하여 최고속도와 열차밀도를 높이고 높은 감속을 실현하고 있다. 제동 시에는 유용한 제동력을 작용하도록 하는 제동기법과 높은 속도의 제동에도 내구성이 있는 제동 디스크를 개발하고 있다.

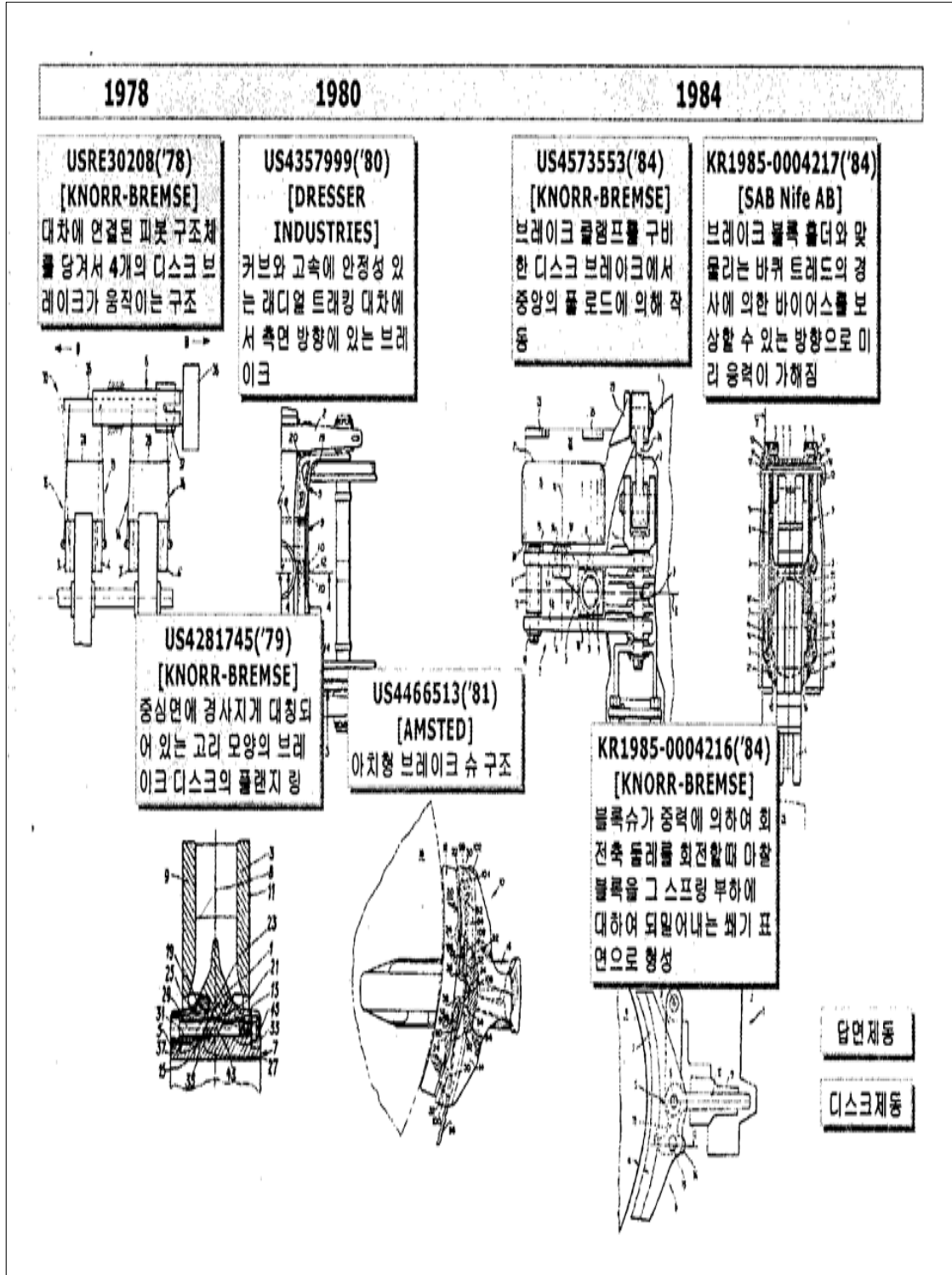
유럽에서 독일은 DB의 Minden 시험소에 300 km/h급 제동시험기 2대 등 실험장치를 보유하고 있으며, 제동시스템의 단위기술로는 BSI, BECORIT, JURID가 마찰재를 생산하고 있으며, KNORR(크노르)는 제동시스템 전문기업으로 KE형 모델을 개발하여 세계적인 독점적 기술을 확보하고 있다. 프랑스는 SNCF Vitry에 500 km/h급의 제동시험기를 독자 개발하여 연구개발 및 품질인증을 실시하고 있으며, 사브와브코(SABWABCO), 카본로렌(Carbone Lorraine)이 고속철도에서 경량철도에 이르기까지 제동시스템 및 부품 제작 기술을 확보하고 있다. 참고로 사브와브코(SABWABCO), 카본로렌은 KTX 고속철도 차량의 제동시스템 및 부품을 대부분 공급하였다. Table 3은 국외 고속철도 차량의 제동시스템을 비교한 것이다.

<Table 3 국외 고속철도차량 제동시스템 비교 >

	일본(신간선500계)	프랑스(TGV-POS)	독일(ICE3)
최고운행 속도	300 km/h	320 km/h	300 km/h
제동 시스템	<ul style="list-style-type: none"> ·차륜 Disk brake ·전기식 제동 (disk brake) ·회생제동 (regenerative brake) ·와전류 제동 (eddy current brake) 	<ul style="list-style-type: none"> ·회생제동 (regenerative brake) ·담면제동 ·와전류 제동 (eddy current brake) ·Rheostatic brake ·새로운 마찰제동 (rotor disk brake/ carbon pad brake/ ceramic brake) 	<ul style="list-style-type: none"> ·전기식 제동 (disk brake) ·회생제동 (regenerative brake) ·와전류 제동 (eddy current brake)

2.3 국내의 관련기술 특허

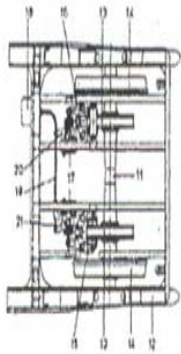
제동시스템에 대한 1978~2006년까지 특허동향은 Fig. 2에 도시하였다.



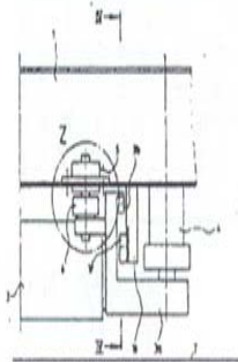
1988

1991

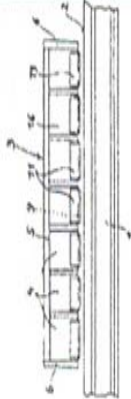
EP0304726('88)
[BERGISCHE STAHL-INDUSTRIE]
브레이크 면에 대하여 브레이크 라이닝을 사용하지 않을 경우 스프링 에너지를 저장하는 수단이 구비됨



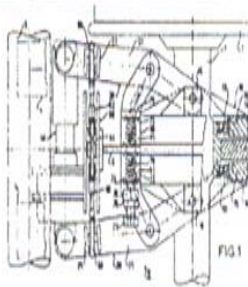
EP0299318('88)
[DUEWAG]
외전류 제동시에 생기는 모멘트를 없애기 위해 제동부의 반대편에 브레이크 바디의 지지체를 구비



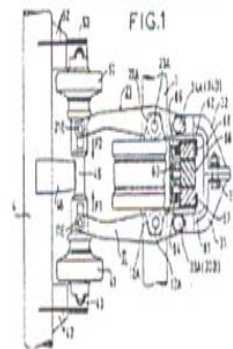
EP0309651('88)
[KNORR-BREMSE]
자기체가 하단부에 설치되어 있으며, 각각의 케이스에 차단장치가 설치되어 있는 외전류 제동장치



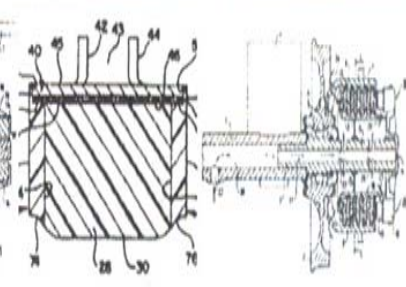
EP0342580('89)
[ALSTOM]
새시에 부착된 두개의 커백팅 로드를 이용하여 바를 움직여 제동하는 디스크 제동방식



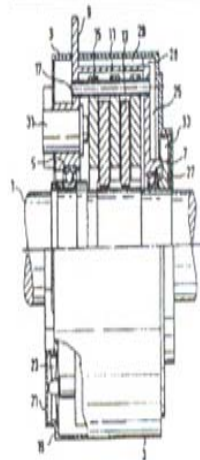
EP0327878('89)
[ALSTOM]
적어도 하나의 디스크를 가진 브레이크 박스가 카본 위에 카본이 있는 구성



US5234082('91)
[AMSTED]
휠 트레드에 연결된 고마찰력 재료와 그 재료 위에 저마찰력 재료가 적어도 하나 설치된 구조



EP0461398('91)
[KNORR-BREMSE]
브레이크 산화를 방지하기 위한 밀폐 구조와 쿨링을 위한 쿨링 디바이스를 포함한 얼티움 디스크 브레이크

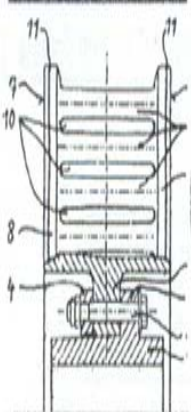


- ▶ 담면제동
- ▶ 디스크제동
- ▶ 외전류제동

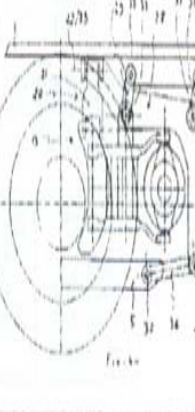
1992

1994

EP0529236('92)
[KNORR-BREMSE]
두개의 마찰 링을 가진 한
개의 브레이크 링으로 이
루어진 고속 트레인용 액
슬 브레이크 디스크



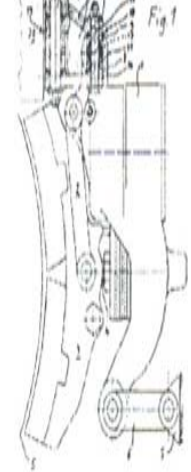
EP0501856('92)
[ARBEL FAUVET RAIL]
축의 상대적인 회전에 의
해 움직이지 않는 담면 재
동장치의 완충 구조



US5566793('93)
[WESTINGHOUSE AIR
BRAKE]
세로 방향으로 테이퍼진
옆면을 가진 브레이크 슈



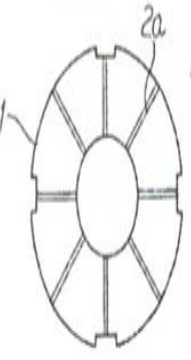
EP0624506('94)
[KNORR-BREMSE]
4-조인트 레버 메커니즘
을 가진 브레이크 슈 어셈
블리



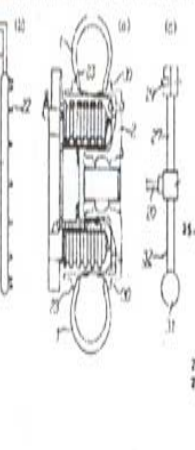
EP0646512('94)
[ALSTOM]
적어도 하나의 리니어 브
레이크 패드를 가진 외전
류 브레이크의 지지체 구
조



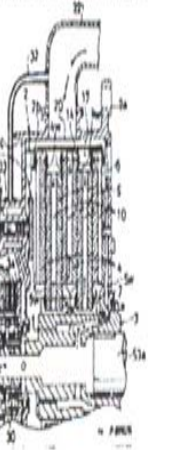
JP1994-123319('92)
[EAST JAPAN
RAILWAY CO]
회전하고 있는 로터와 정
지하고 있는 스테이터 사
이에 동압을 발생시키는
요철부를 로터와 스테이
터와의 적어도 한면의 마
찰면에 형성



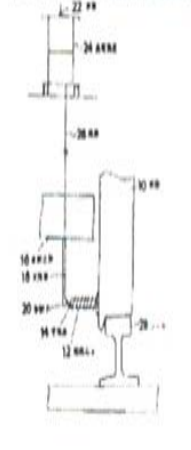
JP1994-122360('92)
[CENTRAL JAPAN
RAILWAY CO]
최고 속도에서 제동시 타
이어를 보호 온도 이하로
유지할 수 있는 냉각수 분
사 방식



JP1994-109046('92)
[CENTRAL JAPAN
RAILWAY CO]
공기통로 형성면과 디스
크 외면에 산화보호 피막
을 형성 또는 탄화규소 함
침



JP1996-025903('94)
[개인]
차륜 외주에 전자석을 설
치하여 차륜을 자화하여
제동하는 방식

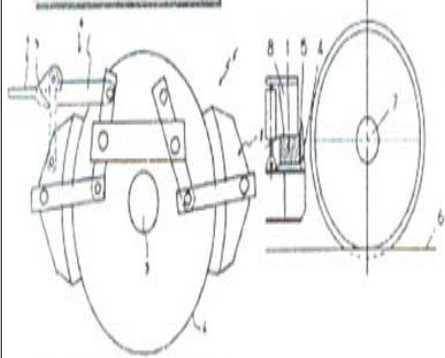


- 담면제동
- 디스크제동
- 외전류제동
- 유압제동

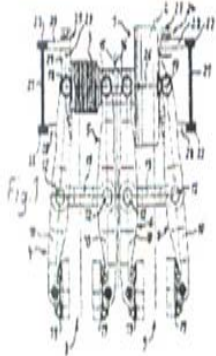
1995

1997

EP0742769('95)
[ARBEL FAUVET RAIL]
두개의 슈가 각각 휠더에 의해 지지되어 있어 샤프트 한쪽에서 힘을 가하면 양쪽 슈가 작동하는 담면 제동 방식

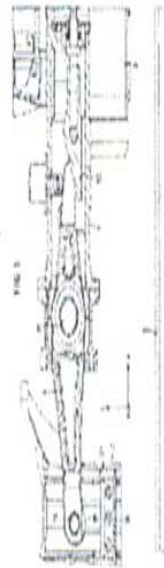


EP0676321('95)
[KNORR-BREMSE]
더블 브레이크 캘리퍼를 가지고 있는 슈 브레이크 구조

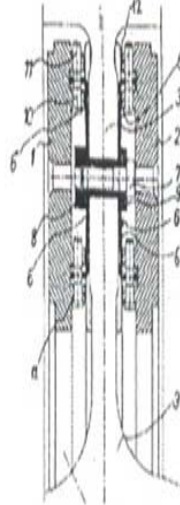


EP0695677('95)
[DUEWAG]
공압 렬에 의해 브레이크 작동시 마그네틱이 유닛에 걸려 동작하는 마그네틱 브레이크

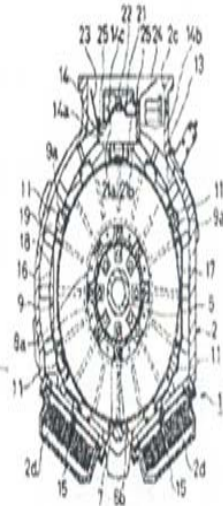
EP0844958('97)
[KNORR-BREMSE]
리프팅 디바이스에 의해 자력을 이용하는 부분을 조절할 수 있는 와전류 제동장치



EP0809037('97)
[KNORR-BREMSE]
마찰 링과 휠 사이에 구비된 클럼프 타입의 출딩 디바이스가 링과 휠 간의 장력을 맞춤



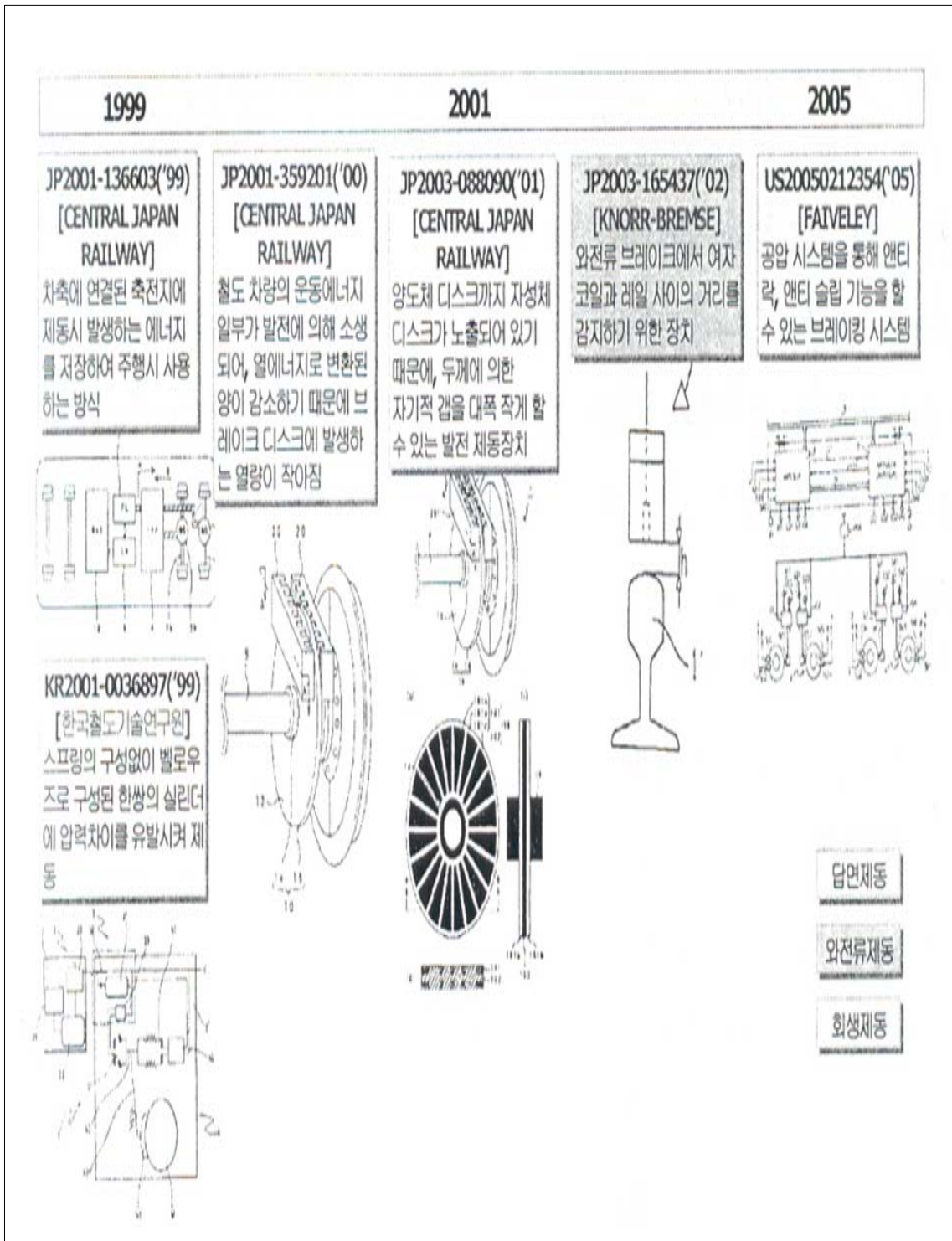
JP2000-097269('98)
[CENTRAL JAPAN RAILWAY]
케이싱과 디스크 부재 사이에 공기 유통 공간을 형성하고, 공냉 구멍과 내부 공간을 연결 또는 차단을 위한 밸브를 구비한 디스크식 브레이크



KR1999-0028580('97)
[KNORR-BREMSE]
선형 와전류 브레이크의 장착 상태에서의 외형이 레일쪽으로 오목하게 함



담면제동 디스크제동 와전류제동

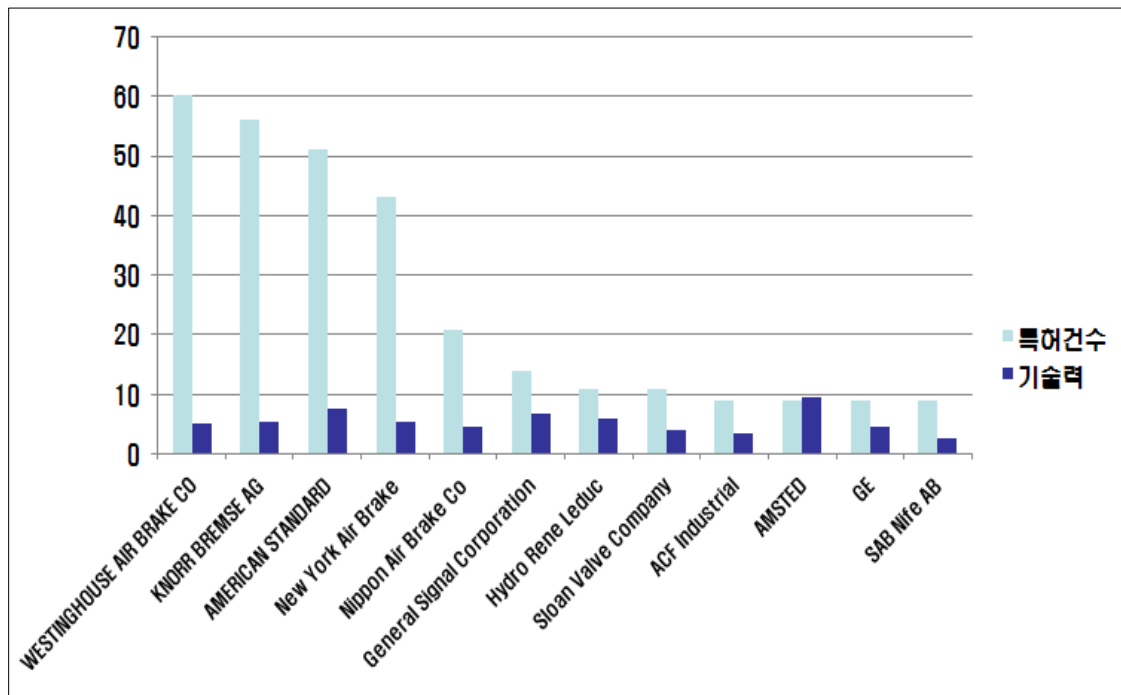


<Fig. 2 제동시스템 특허동향 (1978~2006년)>

< 출처: 차세대 고속철도 기술개발사업 기획보고서 >

제동장치 기술에서는 KNORR BREMSE가 1978년부터 시작하여 최근까지 답면제동, 디스크 제동, 와전류 제동 등 다양한 분야를 개발하여 많은 특허를 출원하고 있다.

WESTINGHOUSE AIR BRAKE의 경우, 가장 많은 제동장치 분야에 출원하고 있으며, 제동장치의 구조 및 기계적 메카니즘에 대한 특허보다는 제동장치 알고리즘 및 제어기술에 중점적으로 출원하고 있다.

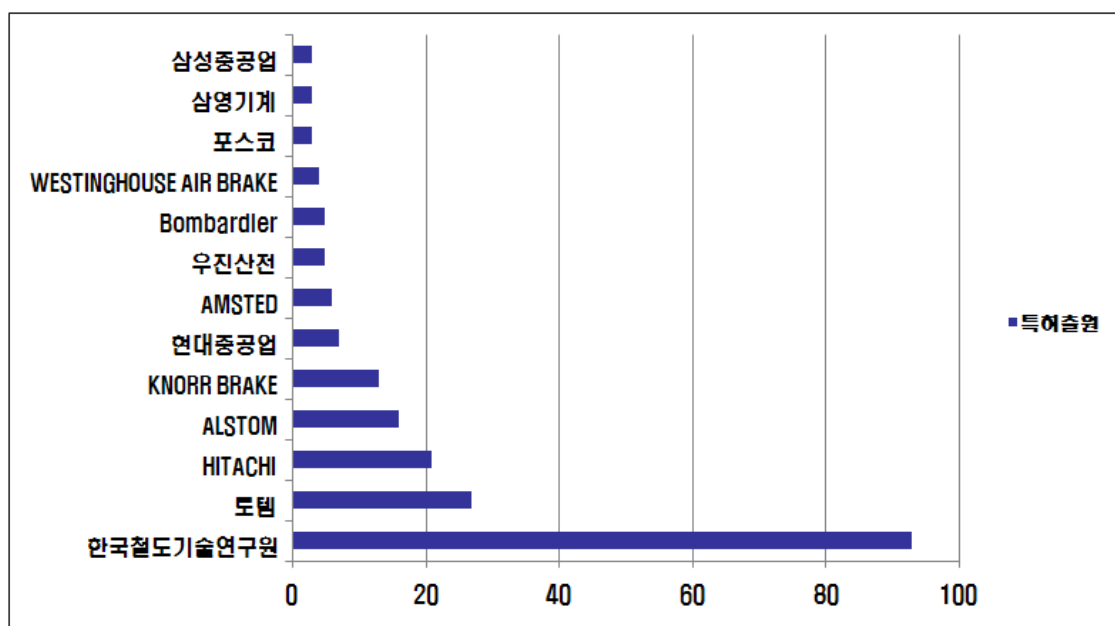


<Fig. 3 제동시스템 주요 특허 및 기술력 지수>

JAPANESE NATIONAL RAIL CO의 경우에는 1990년대 후반에 들어서면서 답면제동 및 디스크 제동방식이 아닌 회생제동, 발전제동 등의 특허를 출원하고 있다. 특히, 1999년 출원한 일본공개특허 2001-136603은 회생제동 방식이고, 2000년에 출원한 일본공개특허 2001-359201은 회생제동 방식의 특허를 출원하고 1년 후 동일 방식의 개량형 특허 2003-088090을 출원하고 있는 것으로 보아 회생제동 방식을 주요 개발 이슈로 삼고 있는 것으로 판단된다.

AMSTED가 특허건수는 적으나 가장 높은 기술력을 보유하고 있는 것으로 나타났다. SAB NIFE AB나 HYDRO RENE LEDUC은 활발한 해외출원을 진행하고 있다.

Fig. 3은 제동시스템 주요 특허 및 기술력 지수를 나타내고 있으며, Fig. 4는 한국특허 출원인별 출원동향을 도시하였다. 우리나라의 경우 철도기술연구원이 가장 많은 특허를 출원, 등록하고 있다.



<Fig. 4 한국특허 출원인별 출원동향>

2.4 향후 제동시스템 패턴 전망

고속철도 제동시스템은 전기 발전 제동 방식으로 회생 제동과 저항 제동을 사용하고 기계식 제동 방식으로는 동력차의 답면 제동과 객차의 디스크 제동을 사용하고 있다. 이러한 제동 방식은 정상속도에서의 감속 조건과 비상 상황에서의 급제동으로 구분할 수 있으므로 비상 상황의 제동거리는 설계 목표에 충실하게 비상 제동거리를 충족하여야 한다.

철도차량 기술 선진국에서는 에너지 절약과 유지보수 비용 절감을 위한 방법으로 회생제동시스템에 대한 많은 연구를 수행하고 있다. 기존의 철도차량인 봄바르디어 Class 357 전동차 c2c 철도차량의 경우, 회생제동을 도입한 이후 최초 2주간 모니터링 결과로만 직접적인 에너지 비용의 절감이 15%였다. 제동장치의 유지보수 측면에서 실질적인 절감이 가능해진 것이다.

회생제동시스템의 사용은 제동부품 마모율 저감이라는 기술적인 이점도 존재하고 있다. 회생제동을 사용하는 Class 323 철도차량의 디스크 패드 수명은 18개월로 브레이크 패드의 교환주기 감축과 유지보수 비용을 절감하는 것으로 알려져 있다.

전기제동방식은 도입기이며, AC급전 시스템의 경우, 향후 유지보수 비용과 환경문제에 효율적으로 대처하기 위하여 에너지 활용을 최대화하기 위한 구동장치와 제동장치 시스템간의 최적화 연구가 요구된다.

전 세계의 고속철도 차량 개발을 주도하고 있는 일본, 프랑스, 독일의 차량개발 및 제동시스템에 대한 발전 추세를 살펴보면 다음과 같다.

일본의 경우 초기 신간선인 0계에서 100계까지 성능향상은 승객의 수요 확대와 속도향상을 위한 전두부 형상 개선, 차량의 경량화를 위한 차체 개선이 특징이었고, 300계로 이어지면서 속도향상을 위하여 차량 제어기능 향상이 특징이었다. 또한 400계는 승객수송능력의 최대화를 목표로 하였으며, 현재의 500계 열차는 회생제동을 적용하여 제동력을 향상시켰으며, 제동력의 향상은 승객의 안전과 신뢰성을 확보하였으며, 제어 및 추진력 향상을 제고시켰다.

프랑스의 경우 TGV-NG는 알루미늄 차체를 적용, 기존선 운행 시 속도 향상을 위한 틸팅(tilting) 시스템 모듈 적용, 수요에 신속한 대응을 위한 모듈별 운행체계 개선, 2층 객차의 적용 등 360 km/h의 상업운전을 위한 기술 개발을 수행하고 있다. 또한 AGV에서는 속도 향상을 위하여 기존의 TGV 장점과 일본의 장점 등을 결합한 동력 분산식 능동현가장치, 와전류 제동 등을 채택하여 시스템을 향상시키고 있다.

독일의 경우 ICE 3 개발로 이어지는 기술개발에서 동력방식을 집중식에서 분산식으로 변경하여 선로구배 및 유지보수를 위한 축중량을 감소하였다. 또한 기존선 운영을 위한 ICT차량 개발과 병행 추진하여 부품 호환성을 확보하여 전체 철도차량의 표준화를 이루었다. 제동시스템의 표준화를 기초로 제동시스템 및 부품의 연구를 통한 국가적 차원의 연구를 지속적으로 수행하고 있다.

3. 개발기술 분석

3.1 고속철도차량(KTX) 제동시스템 이해

제동시스템의 개략도 및 디스크 장치를 각각 Fig. 5 및 Fig. 6에 도시하였다.

(1) 일반

운전자 제동밸브에 의해 공기신호로 변환되어 제동시스템에 전달

(2) 제동유지

균형공기통과 전동밸브가 폐회로를 구성하여 제동관의 압력을 일정하게 유지함.

(3) 제동인가

균형공기통의 압력이 강해지고 relay가 대기로 개방 -> 제동관 압력 강하

(4) 제동이완

MV-BR전동밸브가 5 bar에 연결되어 균형공기통의 압력이 상승되고 relay와 제동관 압력 동시상승

(5) 압력제어 명령 개선

① 제동인가나 이완신호가 없을 때는 0에서 3 bar사이의 제동명령은

3 bar로 유지

-> 3 bar이하이면 MV-BN, MV-BR은 ON됨(균형공기통 압력은

3 bar 까지 상승)

② 3 bar이상에서는 일반적인 제동과 같이 동작

(6) 제동인가 모드에서의 제동시스템 가동

완전이완에서의 공기제동시스템 가동 -> 초기 제동 명령으로 0.3 bar의 급격한 압력강하가 필요 - 초기 압력강하용 공기통을 사용

(7) 제동관 파손감지 기능

제동관내에 비정상적인 압력강하 발생시 균형공기통이 계속 압축공기를 제동관으로 공급하지 않게 하는 기능

(8) Neutral Function (운전자 제동밸브 시험기능)

제동시스템에 누기 발생시 운전자 제동밸브와 제동시스템을 분리하여 누기 장소를 확인하기 위한 기능

(9) Overcharging(과충기)

제동이완 불량시 과충 기능을 이용하여 제동관 압력을 5.4 bar로 상승시켜 이완 시도

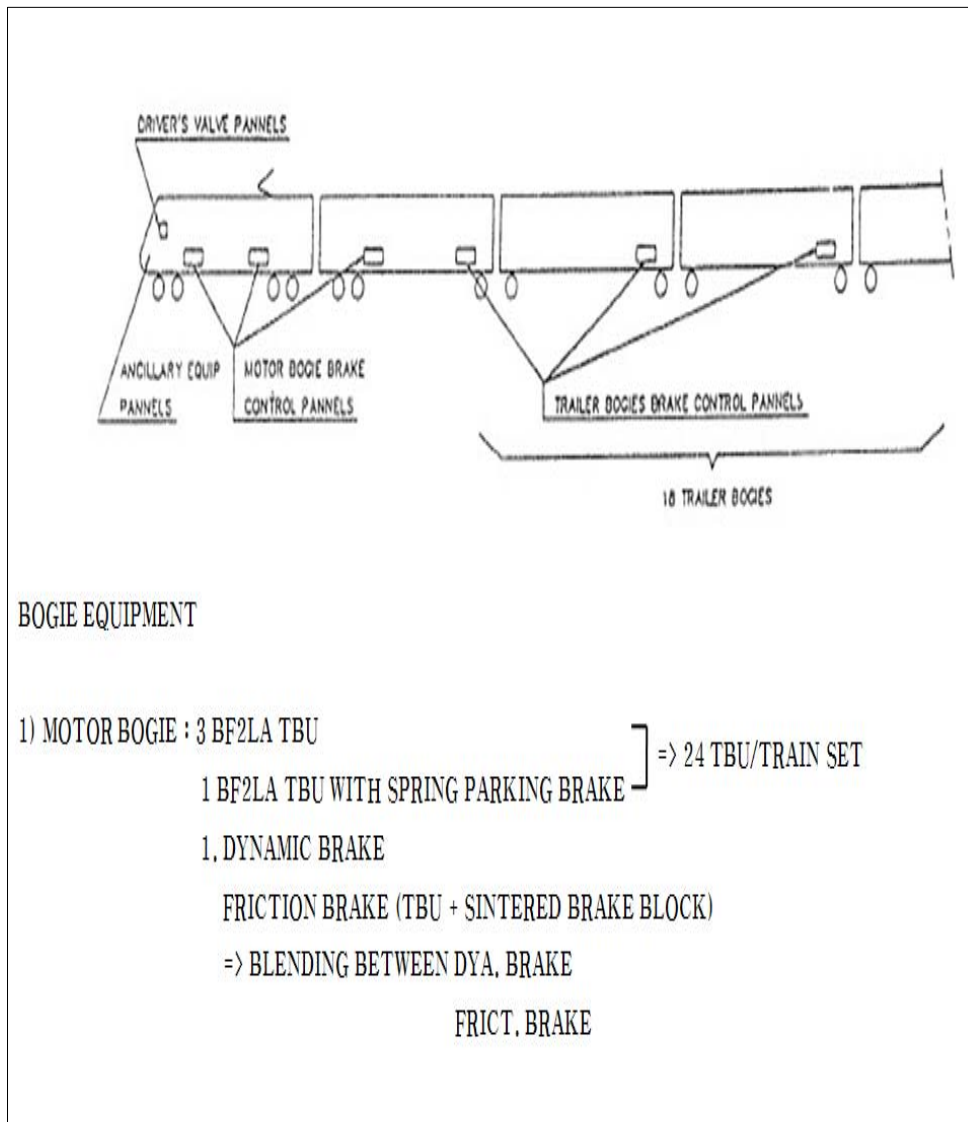
(10) Back-up Brake Lever

자동제동레버 고장시 공기만으로 제동제어가 가능

(공기밸브에 직접 명령신호가 들어감: 전기적인 힘이 필요없음)

Neutral 기능: OFF

Overcharging기능: OFF

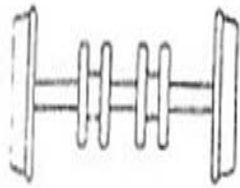


< Fig. 5 제동시스템 개략도 >

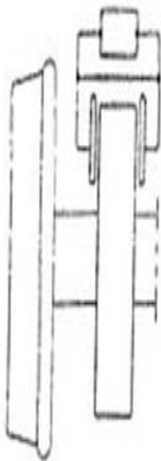
< 출처 : 제동시스템 엔지니어링 기술개발_1차년도 보고서-General Brake System(1) >

2) TRAILER BOGIE

4 DOUBLE STEEL DISC/BOGIE 72 D.D/TRAIN
(8 SINGLE DISC/BOGIE) 144 S.D/TRAIN



=> 8 CALIPERS
8 CYLINDERS / BOGIE 144 CYLINDERS/TRAIN



PBD : CYLINDERS
PAD : SINTERED PADS

TWO PIPES BRAKING SYSTEM : BRAKE PIPE (5BARS)

MAIN RESERVOIR PIPE (= 8-9 BARS)

E.P.ASSISTANCE

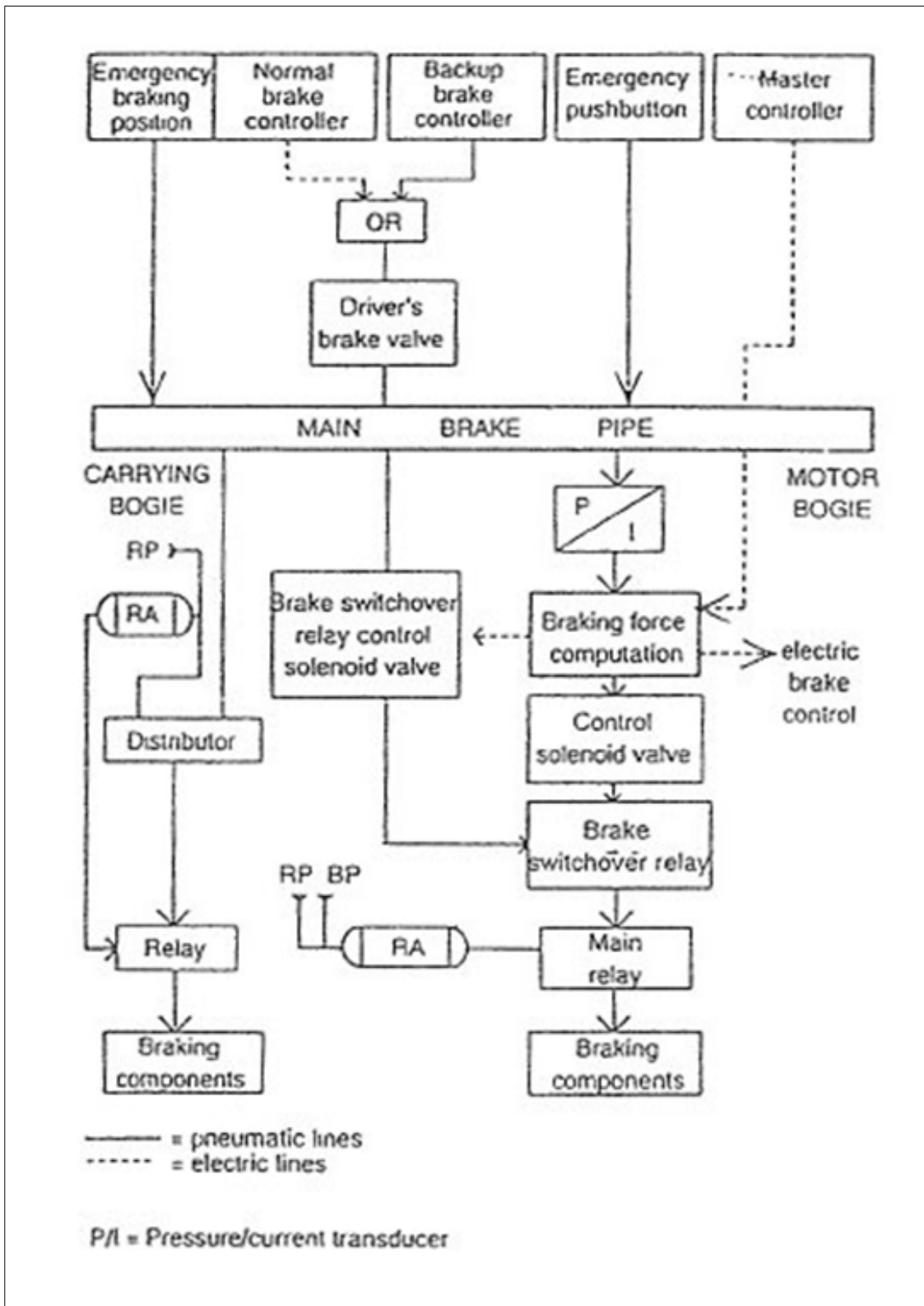
< Fig. 6 제동시스템 디스크 장치 >

< 출처 : 제동시스템 엔지니어링 기술개발_1차년도 보고서-General Brake System(2) >

(11) 제동장치 주요 특성

고속철도 제동시스템 블록다이어그램을 Fig. 7에 도시하였다

- ① 모든 TGV의 답면제동장치와 발전제동 (rheostatic brake) 장치의 제어는 UIC 규정에 따른 공압식이다.
- ② 공압식제어는 20량 이상의 편성열차에도 제동과 이완을 동시에 작용하게 하는 전동식 제동유니트(EP)에 의해 수행된다.
- ③ 제동의 국소제어유니트(local control unit)는 각각의 객차대차에 설치된다.
- ④ 하나의 대차에서 대부분의 공압식 제동장치와 전동식 제동 제어유니트는 하나의 패널에 설치된다.
- ⑤ 가선으로부터 전원공급이 없어도 축전지에 의해 모터가 작동한다. 각 대차간은 독립적으로 이루어져 동시에 고장나는 경우를 막을 수 있다.
- ⑥ 객차대차의 제동은 2개의 이중디스크(double disc)를 사용한다.
- ⑦ 모든 TGV에서는 차륜 활주방지 장치와 휠세트 고착검지 장치 (locked wheel-set detection)가 구비되어 있다.



<Fig. 7 Brake System Block Diagram>

3.2 고속차량(KTX) 제동시스템 개요

<p>동력대차(6대차) : 혼합제동</p>
<p>■ 제동력(300 km/h에서, 비상제동시)</p> <ul style="list-style-type: none"> 회생제동시 : 회생(300 kN, 28%), 디스크(761 kN, 72%), 전체(1061 kN, 100%) 저항제동시 : 저항(175 kN, 17%), 답면(100 kN, 10%), 디스크(728 kN, 100%)
<p>■ 사용제동 : 전기제동(회생/저항: 우선권) + 공기제동(답면: 전기제동 보충)</p> <ul style="list-style-type: none"> 전기식 제동 : 고속에서 속도제어(감속) → 기계적 마모 없음 <ul style="list-style-type: none"> 회생제동(최대 50 kN)이 우선 사용되고 불능 시, 저항제동(최대 29.2 kN)으로 전환 공압식 제동 : 저속(전기 제동력이 약하거나 없을 때)에서 저항제동+비상제동시 <ul style="list-style-type: none"> $V < 200 \text{ km/h}$: $P_{BC,max} = 3.6 \text{ bar}(16.6 \text{ kN})$ $V > 200 \text{ km/h}$: $P_{BC,max} = 1.6 \text{ bar}(5.9 \text{ kN})$ 대차당 최대제동력은 어떠한 경우라도 50 kN으로 제한
<p>■ 제동요구: 전기적요구(주간제어기) 또는 공압적요구(주제동 레버에 의한 BP 감압)</p> <ul style="list-style-type: none"> 공압적제동요구(ΔP_{BP}) : 제동관압력센서(P/I 변환) → MBU에서 혼합제동제어 역조절전자밸브에 공급되는 전류량(I: 0~220 mA)에 의한 제동제어 <ul style="list-style-type: none"> $I \nearrow$: 중계밸브를 제어하는 파일럿 압력 감소 : 제동이완(BC→대기) $I \searrow$: 중계밸브를 제어하는 파일럿 압력 증가 : 제동체결(AR→BC)
<p>■ Note</p> <ul style="list-style-type: none"> 역조절 전자밸브는 파일럿 압력을 제어→중계밸브를 제어→BC제어 혼합제동제어장치(MB)정상시: 혼합 제동 전자밸브가 여자(공기제동 승인)되어 정상적인 공기제동 제어 혼합제동장치(MB) 고장시, 피견인시(회송시): 혼합 제동 전자밸브가 소자(공기제동 취소) 되어 제동불가. 단, 비상($\Delta P_{BP} < 3 \text{ bar}$)시에는 전제동 <<ON/OFF제동 또는 binary braking>>
<p>■ 중계밸브에 의한 2단 압력 제어</p> <ul style="list-style-type: none"> 중계밸브 전자밸브 : 속도기준에 따라 MBU에서 제어
<p>■ 활주방지장치: 대차단위 제어, 전기제동 및 공기제동에 작용</p>

객차대차(17대차) : 전동제동

■ 사용제동 : 전동제어에 의한 공기제동(디스크 제동)

- 전동제동(=EP제동: Electro-pneumatic Brake Control) : 신속성 + 동시성
→ 고장시 순수 공압식 제어 가능하되 운전속도 반감 제한
 - $V < 215 \text{ km/h}$: $P_{BC,max} = 3.8 \text{ bar}(44.8 \text{ kN})$
 - $V > 200 \text{ km/h}$: $P_{BC,max} = 3.05 \text{ bar}(34.1 \text{ kN})$

■ EP제어 주요장치: BA, 주제동 레버, EP 제어압력스위치(PS-BK-CO-01),
제동/이완 계전기, 제동/이완 전자밸브

- ER(3.6 L/동력차)제어에 의한 궁극적인 BP(약 430 L/20f 량) 제어
 - $ER > BP$: ER=BP가 될 때까지 BP공급: 이완
 - $ER = BP$: 안정/운전
 - $ER < BP$: ER=BP가 될 때까지 BP배출: 제동

■ 분배밸브에 공급되는 제동관 압력(0~5/5.4 bar)에 의한 제동제어

: CR(reference pressure 기준압력, 고정)과 BP(변화)

- $BP \nearrow$: 중계밸브를 제어하는 파일럿 압력 감소 : 제동완해(BC→대기)
BP=약 4.8 bar에서 열차 리셋팅
- $BP \searrow$: 중계밸브를 제어하는 파일럿 압력 증가 : 제동체결(AR→BC)
1차 감압 (기초제동: $\Delta P = 0.5 \text{ bar}$), 전제동($\Delta PBP \geq 1.5 \text{ bar}$)

■ Note

- 역조절 전자밸브는 파일럿 압력 제어→중계밸브 제어→BC 제어
- 피견인시(회송시): 계단 제동 제어가 이루어짐

■ 중계밸브에 의한 2단계 압력제어

- 중계밸브 전자밸브: 속도기준에 따라 TPU에서 제어

■ 활주방지장치: 축단위 제어, 공기제동에 작용

3.3 고속철도차량(KTX) 제동성능 분석

3.3.1 제동장치 구성

(1) 동력대차 제동패널

① 일반사항

- 열차의 제동에는 두 개의 공압관(two pipe: MR/BP) 사용
- 동력대차의 제동
 - 전기식 제동: 회생제동 및 저항제동
 - 공압식 제동: 답면제동
- 공압식 제동의 사용
 - 비상상태이고 회생제동 불능으로 저항제동이 사용될 때
 - 동력차 단독 $V \leq 30$ km/h일 때 ΔPBP 값에 따라 공압식 제동이 사용
- 열차의 속도에 따라 두 단계의 제동압력으로 구분
- 제동의 독립성은 대차별로 보장
- 각 차축의 P_{BC} 에 작용하는 활주방지 장치 설치
- 저전압 특성
 - 제동제어시스템에 필요한 전원은 열차의 배터리 72V 회로 이용

② 소결제 제륜자가 취부된 4개의 제동블록(차륜 1개당 1개씩)

③ 4개의 스프링 주차 제동(제동블록에 내장)

④ 답면 제동은 다음 상황에서 사용

- $V < 34$ km/h에서 저항 제동시
- 모든 속도에서 비상제동이며 저항 제동시
- $V < 12$ km/h에서 회생 제동시
- $V < 20$ km/h에서 비상제동이며 회생제동 명령시
- PC 단독운전시
- 회생제동이 1차적으로 작동.
- 저항제동: 전차선 전압이 없거나 29 kV 이상일 때 작동

⑤ 성능 제원

<Table 3 동력대차 제동성능제원>

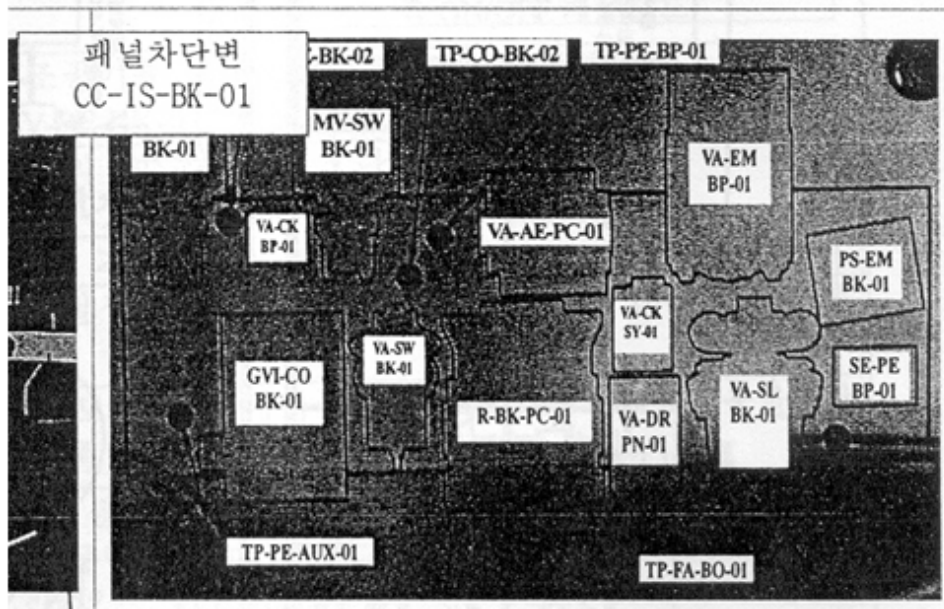
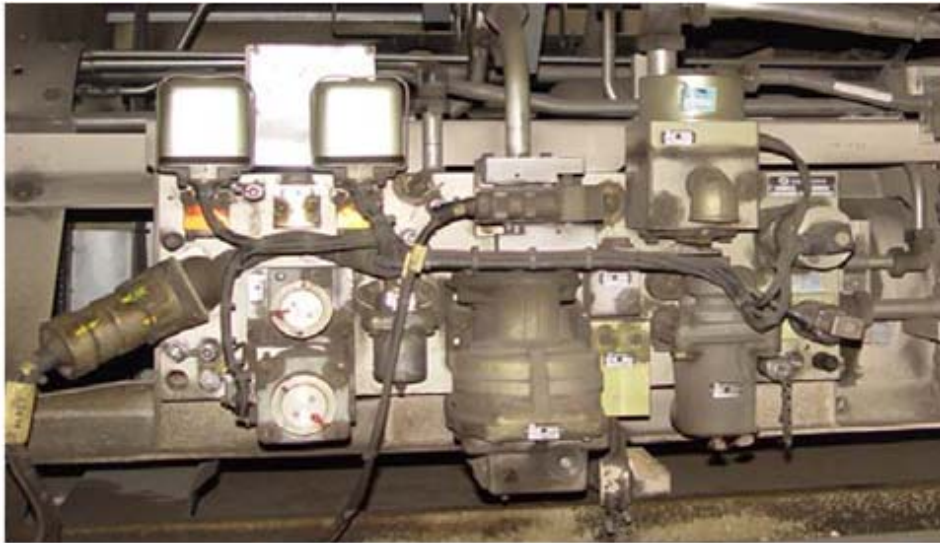
기능	허용치
사용온도 보관온도	-25℃ ~ +40℃ -40℃ ~ +70℃
제어전원	50~90V(정상 72V)
절연내압	1500V - 50 Hz/1분
한도압력	10.4 bar
제동실린더 압력 최고압 감소압 P _{감소압} → P _{MAX}	3.6 ± 0.1 bar 3.6 ± 0.1 bar t = 1 ± 0.15 초
기밀유지 (20℃에서) MPR BP AR	7.5~9 bar, ≤ 100 mb/mn 5~5.4 bar, ≤ 80 mb/mn 5.4 bar, ≤ 60 mb/mn
AR 충전시간 MPR(8~9 bar)에 의한 충전, AR50 ℓ BP(5 bar)에 의한 충전	P _{AR} 0→5 bar, t≤10초 P _{AR} 0→4.5 bar, t≤10≤20초
BC배출시간(수동배출)	3 ± 0.1 → 0.1, t≤80초

⑥ 데이터 특성

- 주공기(MRP)
 - 상용압력: $7.8^{+0}_{-0.3} \sim 9^{+0}_{-0.3}$ bar
 - 이상압력: $10.2^{+0.2}_{-0}$ bar

- 제동관 공기(BP)
 - 상용제동: 0~5 bar
 - 과충기: $5 \pm 0.05 \sim 5.4 \pm 0.1$ bar
 - 여과된 BP: 동일하나 단지 패널 차단시 BP=0 bar

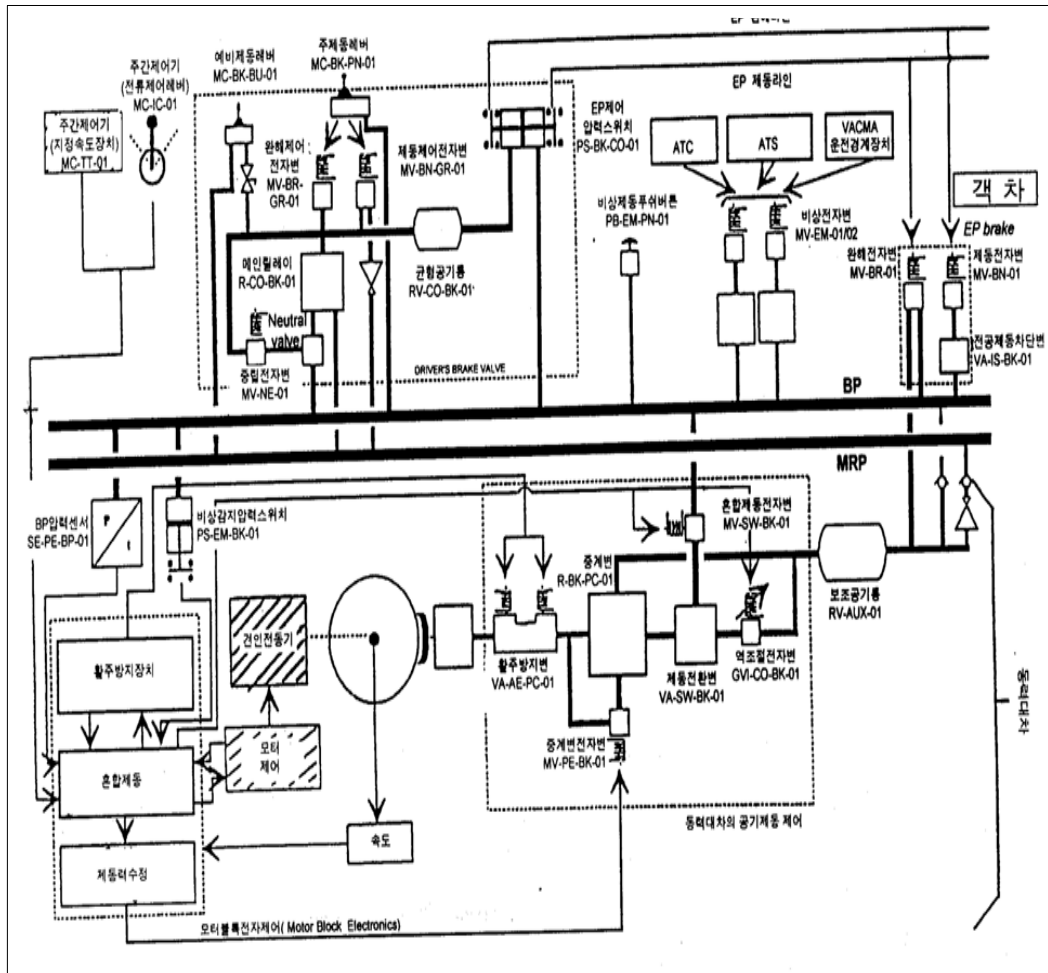
⑦ 패널 각부 명칭(Fig. 8 참조)



<Fig. 8 KTX 동력대차제동패널>

CC-IS-BK-01	패널차단밸브	SE-PE-BP01	BP압력센서
GV1-CO-BK-01	역조절 전자밸브	VA-AE-PC-01	활주방지밸브
MV-PE-BK-02	중계 전자밸브	VA-DR-PN-01	패널배출밸브
MV-SW-BK-01	혼합제동 전자밸브	VA-EM-BP-01	BP비상배출밸브
PS-EM-BK-01	비상감지 압력스위치	VA-SL-BK-01	감압밸브 (5.4 bar)
R-BK-PC-01	중계 밸브	VA-SW-BK-01	제동전환밸브

⑧ KTX 동력대차 제어시스템 개요도



<Fig. 10 KTX 동력대차 제동 패널>

(2) 객차대차 제동패널

① 일반사항

- 열차의 제동에는 두 개의 공압관 (two pipe: MR/BP) 사용
- 객차대차의 제동은 비통풍형 강철디스크와 소결제 제동 라이닝에 의해 보장
- 제동압력은 9인치 제동실린더에 의해 정해짐
- 제동은 축 단위로 제어
- 제동의 독립성은 대차별로 보장
- 각 차축의 P_{BC} 에 작용하는 활주방지장치 설치
- 저전압 특성
 - 제동제어 시스템에 필요한 전원은 열차의 배터리 72V 회로 이용

② 축당 4개의 제동디스크(two double high power unventilated discs)

③ 데이터 특성

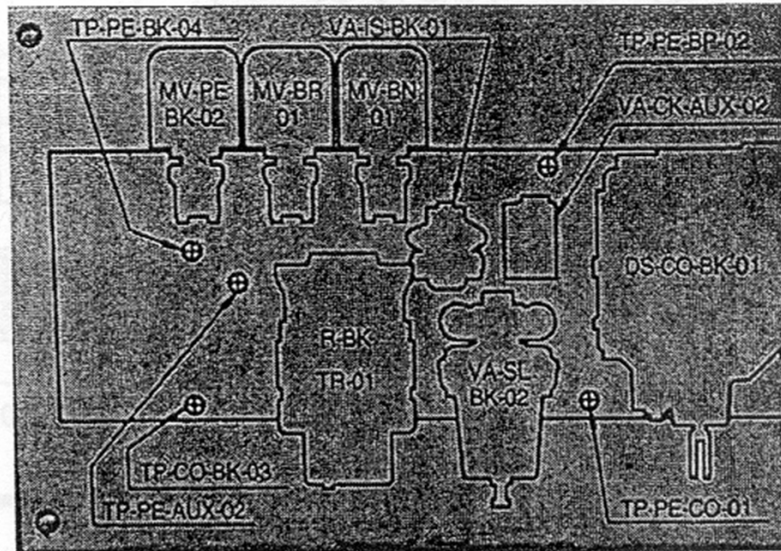
- 주공기(MRP)
 - 상용압력 : $7.8^{+0}_{-0.3} \sim 9^{+0}_{-0.3}$ bar
 - 이상압력 : $10.2^{+0.2}_{-0}$ bar
- 제동관 공기(BP)
 - 상용제동 : 0~5 bar
 - 과충기 : $5 \pm 0.05 \sim 5.4 \pm 0.1$ bar
- BP압력 변화에 따라 출력되는 압력의 변화
 - 상용제동 : $0.5 \pm 0.1 \text{ bar} < \Delta P_{BP} < 1.5 \pm 0.1 \text{ bar}$
 - 전제동 : $1.5 \pm 0.1 \text{ bar} < \Delta P_{BP} < 2.5 \pm 0.1 \text{ bar}$
 - 비상제동 : $\Delta P_{BP} > 2.5 \pm 0.1 \text{ bar}$
 - 정상(운전)압력 : $\Delta P_{BP} = 5 \pm 0.05 \text{ bar}$
 - 전제동력 : $\Delta P_{BP} > 1.5 \text{ bar}$

④ 성능제원표

< Table 4 객차대차 제동성능제원 >

기능	허용치
사용온도	-25℃ ~ +40℃
보관온도	-40℃ ~ +70℃
제어전원	50~90V
절연내압	1500V - 50 Hz/1분
한도압력	10.4 bar
제동실린더 압력	
최고압	3.8 ± 0.1 bar
감소압	3.05 ± 0.1 bar
P _{MAX} → P _{감소압}	1 ± 0.15 초
P _{감소압} → P _{MAX}	1 ± 0.15 초
기밀유지 (20℃에서)	
MPR	7.5~9 bar, ≤ 100 mb/mn
BP	5~5.4 bar, ≤ 50 mb/mn
AR	5.4 bar, ≤ 100 mb/mn
CR	5~5.4 bar, ≤ 3 mb/mn
AR충기시간	
MPR(9 bar)에 의한 충기	P _{AR} 0→5 bar, 10±5 초
BP배출시간(EPB사용)	ΔP _{BP} =1.5 bar, 4±0.5 초
BP충기시간(EPB사용)	ΔP _{BP} 상승 3.5 bar→4.85 bar, 4±0.5 초
BC배출시간(EPB사용)	P _{MAX} →0.4 bar, 7±1 초
BC충기시간(EPB사용)	0 bar→P _{MAX} 의 95%, 4±1 초
CR충기시간(BP에 의한충기)	205±20 초
BC배출시간(수동당김배출)	3.6 bar→0.1±0.1 bar, ≤90 초

⑤ 패널 각부 명칭

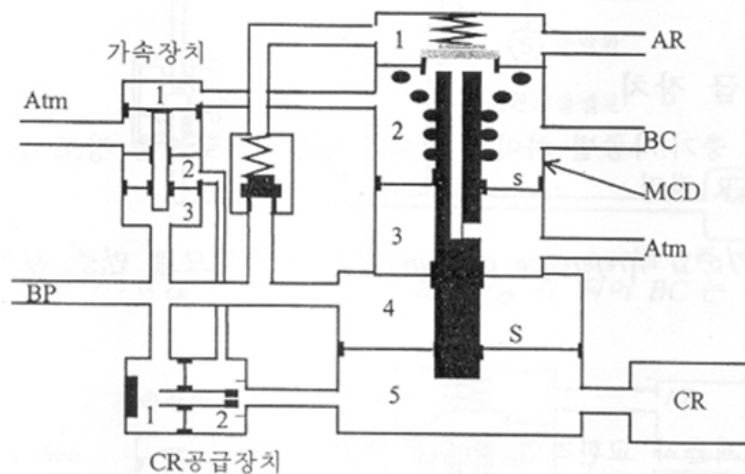
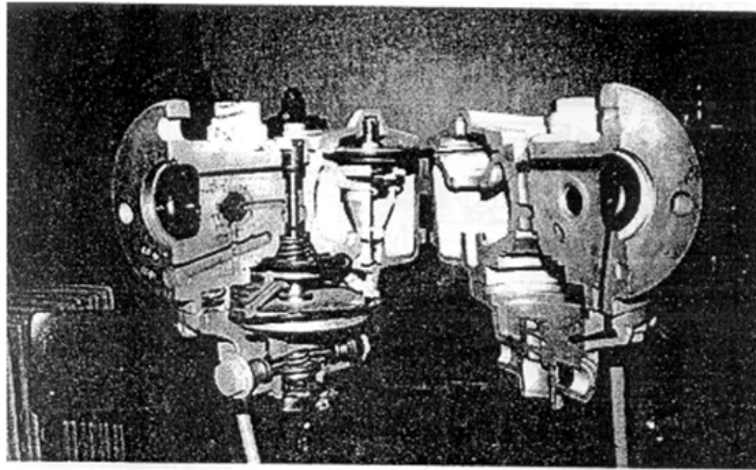


<Fig. 11 KTX 객차대차제동패널>

CC-IS-BK-01	패널 차단밸브	SE-PE-BP01	BP압력센서
GV1-CO-BK-01	역조절 전자밸브	VA-AE-PC-01	활주방지밸브
MV-PE-BK-02	중계 전자밸브	VA-DR-PN-01	패널배출밸브
MV-SW-BK-01	혼합제동 전자밸브	VA-EM-BP-01	BP비상배출밸브
PS-EM-BK-01	비상감지 압력스위치	VA-SL-BK-01	감압밸브 (5.4 bar)

⑥ 패널 장착 부품

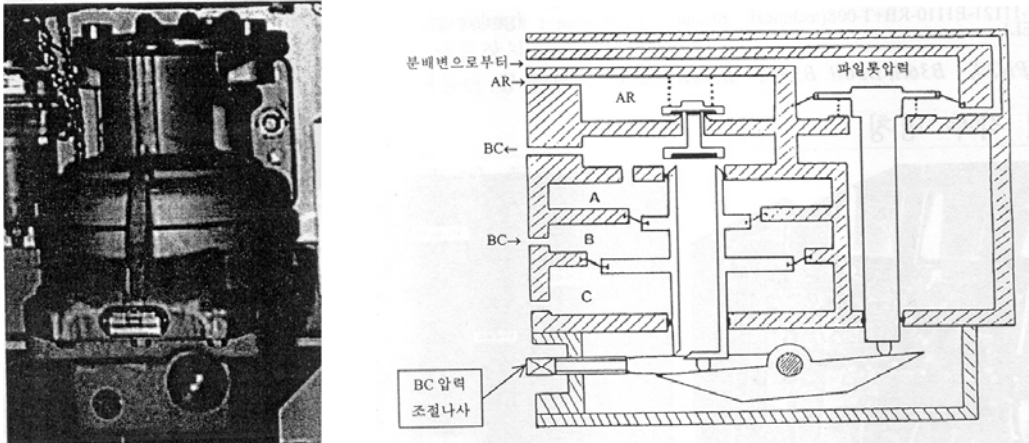
- 분배밸브: C3W(웨스팅하우스) - TGV사용(Fig. 12 참조)
 - UIC 승인
 - 전파속도: 280 m/s
 - 제동 및 완해의 단계: 0.05 bar
 - 막판은 합성고무로 만들어져서 오일, 추위, 장기사용에 강함
 - 기본원리
- CR: 기준압력으로서 항상 약 5 bar 유지
 BP: 0~5 bar 변화



<Fig. 12 KTX 객차대차 제동패널 분배밸브 및 기본구조>

- 중계밸브

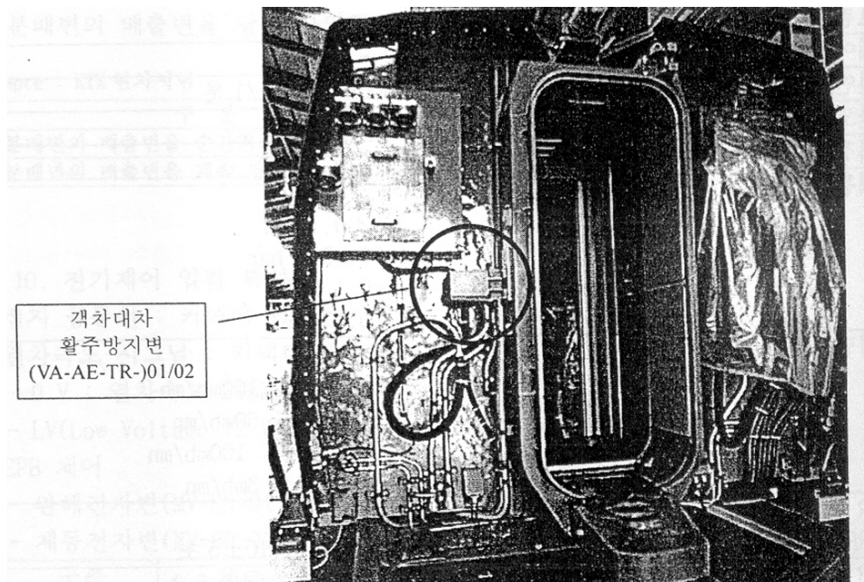
- 분배밸브에 의한 제어압력이 요구됨 ($P_{CFR \text{ 분배변}} = 3.8 \text{ bar} \pm 0.1 \text{ bar}$)



<Fig. 13 KTX 객차대차제동패널 중계밸브>

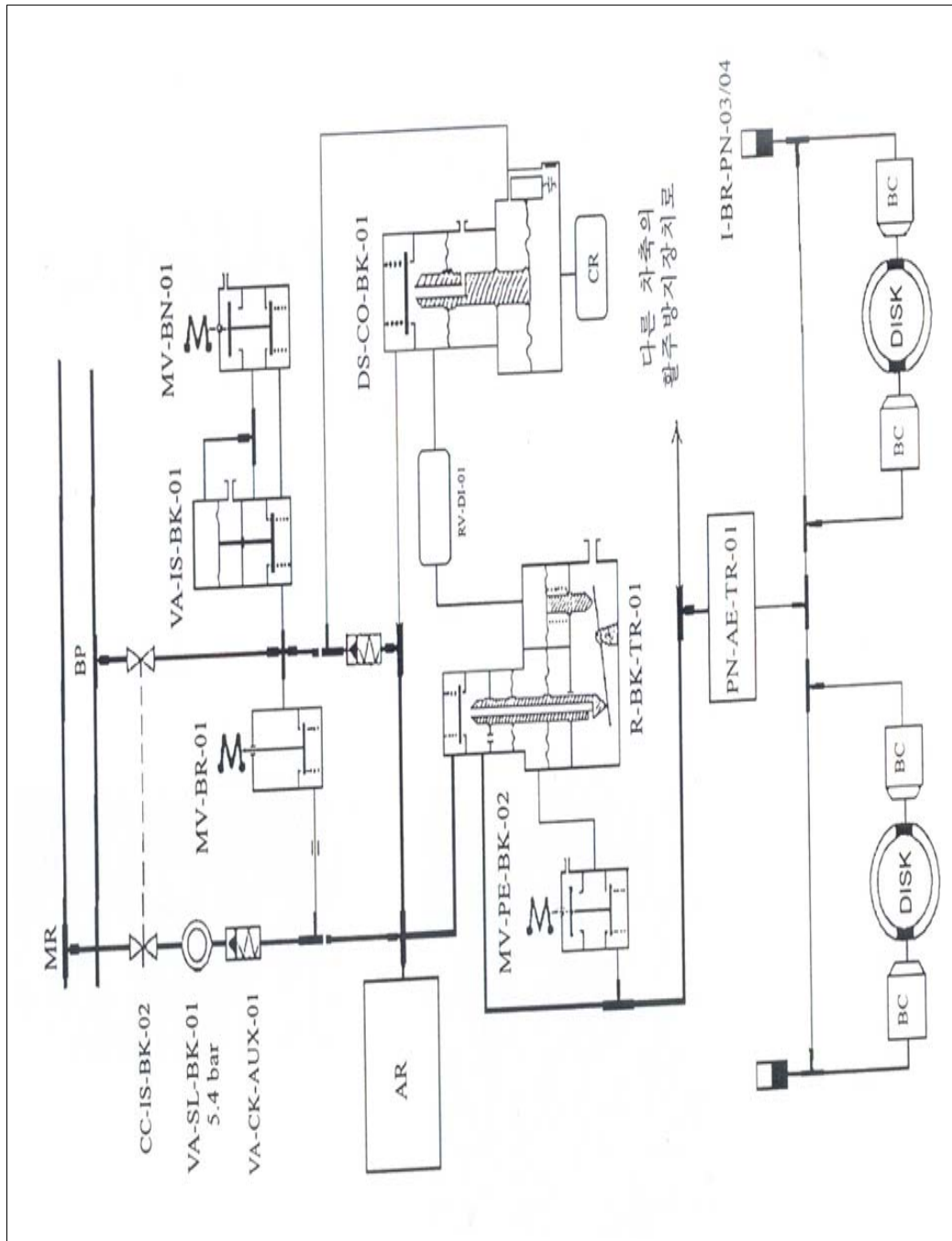
- WSP(활주방지장치)전자밸브

- DC24 V 권선 2개(축당 1개)가 객차 차체 단부(end)에 취부



<Fig. 14 KTX 객차대차제동패널 활주방지장치>

⑦ KTX 객차대차 제어시스템 개요도



<Fig. 15 KTX 객차대차 제동시스템 개요도>

(3) 기관사 제동패널

① 일반사항

- 설치: 동력차 전방 좌측 커버 내부에 설치
- 중량: 최대 60 kg
- 파일럿 회로: 균형공기(ER)
- 제동회로: 파일럿 회로(ER)에서 일어나는 압력의 변화가 제동관에 똑같이 일어남
- 과충기 기능
- 순수 공압제어 제동기능: MC-BK-BU-01
- 전기 및 공압적 특성
- 열차의 배터리 72V 저전압 회로에 의해 작동(최저 50V~최고 90V)
- 주공기관 : 낮은 경우 7.8 ± 0.3 bar
 높은 경우 9 ± 0.3 bar
- 제동관 : 정상시 5 ± 0.1 bar
 최고(과충기) 5.4 ± 0.1 bar

② 제동방법

- 상용제동: $\Delta P_{BP} = 0.5 \sim 0.1$ bar
- 전제동: $\Delta P_{BP} > 1.5$ bar
- 비상제동: $\Delta P_{BP} > 2.5$ bar

③ 제동의 자동성

- 운행중 BP의 경미한 누설은 보상되나 허용치 이상의 누설시 제동의 자동성 보장
- 기관사제동밸브 공급 조정
 - BP에 누설이 있는 동안 BP감압이 BP개방이 지름 4 mm에 해당하는 최대 0.1 bar로 제한
 - BP에 누설이 있는 동안 BP감압이 BP개방이 지름 7.5 mm에 해당하는 적어도 0.6 bar로 제한

- BP에 누설이 있는 동안 BP감압이 BP개방이 지름 12 mm에 해당하는 최대 1.5 bar로 제한

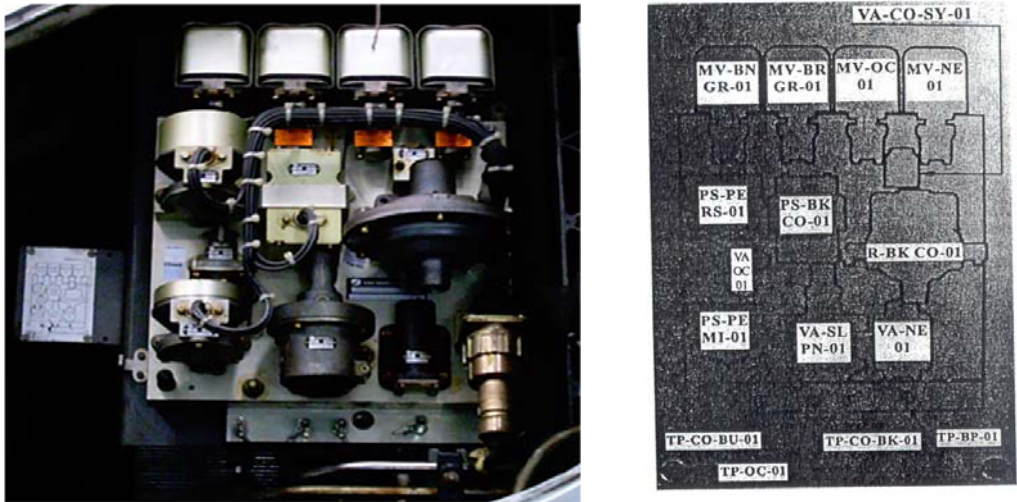
④ 성능제원표

<Table 5 기관사 제동 패널 성능 제원>

사용조건	
온도	-25℃ ~ +40℃
온도변화(ΔT)	(+10℃ ~ 25℃), ΔT = 35℃
습도	5% ~ 100%
패널전기회로 절연내력시험	1500 Veff / 50Hz / 1mn
패널 공칭전압	72V
패널전원공급범위	50 ~ 90V
전류제한치	10 mA / 50V
주공압관	최저 7.8 ± 0.3 bar ~ 최대 9 ± 0.3 bar
주공압관 제한압력	10 ± 0.2 bar
정상 BP 공급압력	0 ~ 5 ± 0.05 bar
최대 BP 공급압력	5.4 ± 0.05 bar
패널 기밀도(주공기)	ΔP = 0.8 bar / 1분
패널 기밀도(균형공기)	0.01 bar / 2분

작동	
기동	$P_{BP} = 3 + 0.25 \sim 0.1 \text{ bar}$
작동(운전)	$P_{ER} - P_{BP} < \pm 0.05 \text{ bar}$
자동성	누설 4 mm일 경우 $P_{BP} < 0.15 \text{ bar}$ 누설 7.5 mm일 경우 $P_{BP} > 0.6 \text{ bar}$ 누설 12 mm일 경우 $P_{BP} < 1.5 \text{ bar}$
1차감압 / TSL 제동승인	$\Delta P_{BP} = 0.5 \pm 0.05 \text{ bar}$
계단제어(주 제동레버에 의한 제어) - 계단 제동 - 계단 이완	$\Delta P_{BP} \leq 0.1 \text{ bar}$ $\Delta P_{BP} \leq 0.1 \text{ bar}$
전제동 - nominal value - ΔT for nominal value	$\Delta P_{BP} = 1.5 \text{ bar}$ $\Delta T = 3.5 \pm 0.5 \text{ 초}$
리셋팅	$BP \geq 4.8 \pm 0.05 \text{ bar}$
중립	BP 공급차단
과충기 - 작동 - 소요시간 - 해제	$BP = 5.4 \pm 0.05 \text{ bar}$ $t = 15 \sim 20 \text{ 초}$ $t = 160 \sim 210 \text{ 초}$
비상제어(예비제동레버에 의한 제어) - 계산 제동 - 계단 이완	$\Delta P_{BP} \leq 0.3 \text{ bar}$ $\Delta P_{BP} \leq 0.3 \text{ bar}$
전공제동제어 - 제동 - 이완	$\Delta P_{BP - ER} > 0.15 \text{ bar}$ $\Delta P_{BP - ER} > 0.1 \text{ bar}$

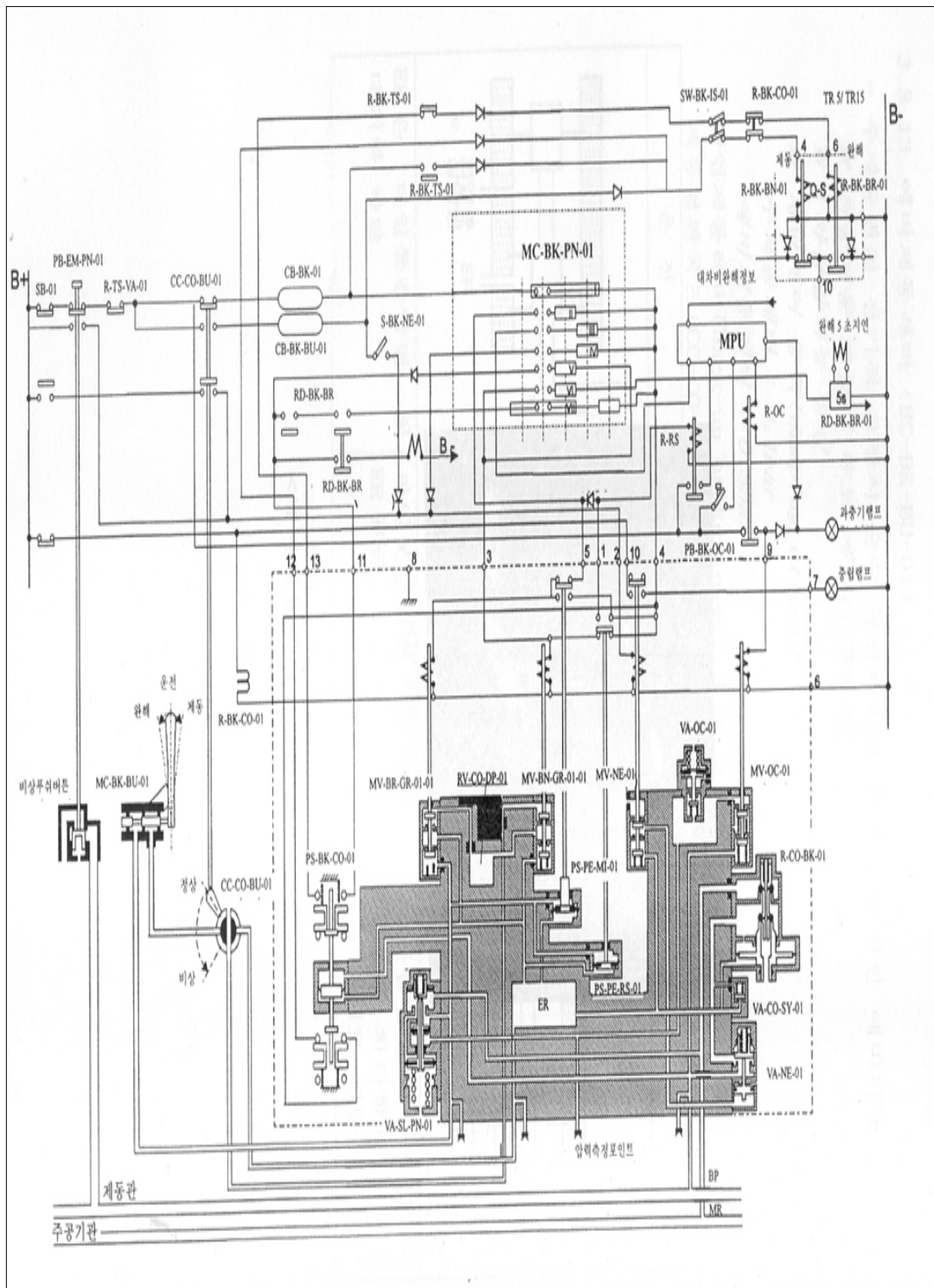
⑤ 기관사 제동패널 각부명칭



<Fig. 16 KTX 기관사 제동패널>

명판약어	명칭	비고
MV-BN-GR-01	제동제어전자밸브	VE(SG)
MV-BR-GR-01	완해제어전자밸브	VE(DG)
MV-NE-01	중립전자밸브	VE(N)
MV-OC-01	과충기전자밸브	VE(SUR)
PS-PE-MI-01	BP자동충기압력스위치(3 bar)	MD(IN)
PS-PE-RS-01	BP리셋팅압력스위치(4.8 bar)	MD(PC-R)
PS-BK-CO-01	전공제동제어압력스위치	MA-FEP
R-CO-BK-01	메인릴레이(BP공급변)	Q(P)CG
RV-CO-BK-01	균형공기통(ER)	RE : 패널 뒤
RV-CO-DP-01	1차감압통	PPD : 패널 뒤
RV-OC-01	과충기공기통	R(SUR) : 패널 뒤
TP-BP-01	BP압력측정포인트	
TP-CO-BK-01	ER압력측정포인트	
TP-CO-BU-01	파일럿압력측정포인트	파일럿감압밸브 압력측정
TP-OC-01	과충기압력측정포인트	
VA-CO-SY-01	ER/BP차등체크밸브	CLA(RT), RE/CG
VA-NE-01	중립밸브	Q(P)N
VA-OC-01	과충기배출밸브(=선형배출밸브)	VV(ECH)턱
VA-SL-PN-01	파일럿감압밸브	DE(PI)

⑥ KTX 기관사 제동시스템 개요도



<Fig. 17 KTX 기관사 제동시스템 개요도>

(4) 공압보조패널

① 일반사항

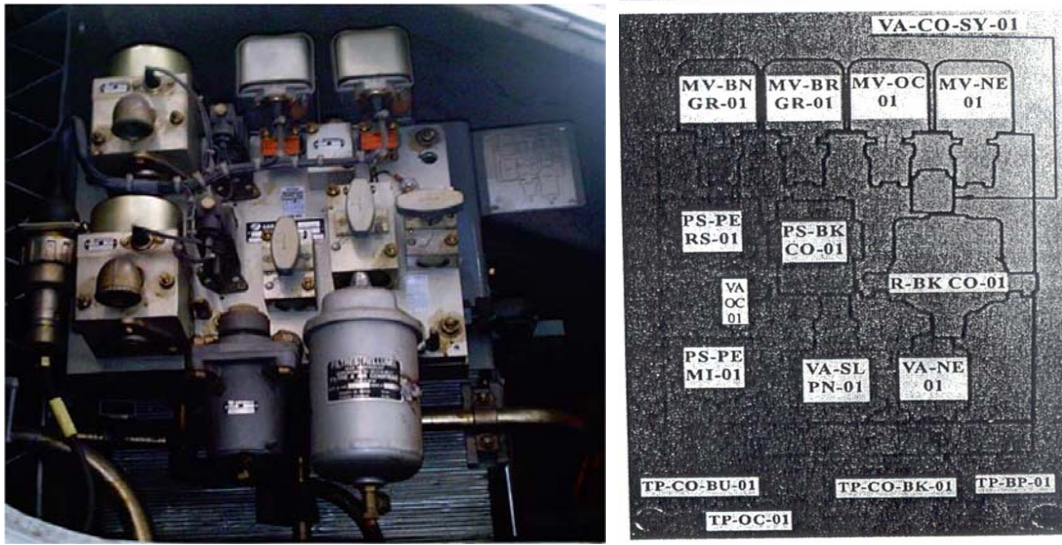
- 살사장치(sanding)
- VACMA 배출장치
- 패널전기: 열차의 밧데리 정격 72V 회로를 이용(최저 50 V~최고 80 V)
- 주공기(MRP)
 - 사용압력 : $7.8^{+0}_{-0.3} \sim 9^{+0}_{-0.3}$ bar
 - 이상압력 : $10.2^{+0.2}_{-0}$ bar
- 제동관공기(BP1/BP2)
 - 상용압력 : $0 \sim 5 \pm 0.05$ bar
 - 과충기압력 : $5 \pm 0.05 \sim 5.4 \pm 0.1$ bar
 - 이상압력 : $10.2^{+0.2}_{-0}$ bar

② 공압보조 패널 성능제원

<Table 6 공압보조패널 성능 제원표>

기능	허용치
사용온도 보관온도	-25℃ ~ 40℃ -40℃ ~ 85℃
패널전원	50V ~ 90V (supply range) 83V (service voltage of panel)
절연내압	1500 Veff / 50 Hz / 1mn
MPR압력	최소 7.8 ± 0.3 bar 최대 9 ⁺⁰ - _{0.3} bar 한도압력 10.4 bar
BP압력	상용압력 0 ~ 5 ± 0.05 bar 과충기압력 5.4 ~ 5 ± 0.1 bar
패널기밀유지(8 bar) - 기관사제동밸브 공급계통 - 살사장치 계통 - VACMA 계통	ΔP ≤ 25 mb/2 mn ΔP ≤ 40 mb/1 mn ΔP ≤ 35 mb/1 mn
기관사제동밸브 공급	2600 Nℓ ≤ D ≤ 3000Nℓ (8 bar) (9 bar)
소량살사 유량	500 Nℓ /mn (5 bar에서)
대량살사 유량	2600 Nℓ ≤ D ≤ 3000 Nℓ
VACMA 밸브로 BP 배출시간	Tv ≤ 2.5 초 (ΔPBP = 1.5 bar UIC 벤치사용. 400ℓ 의 BP가 5↘3.5 bar 감압

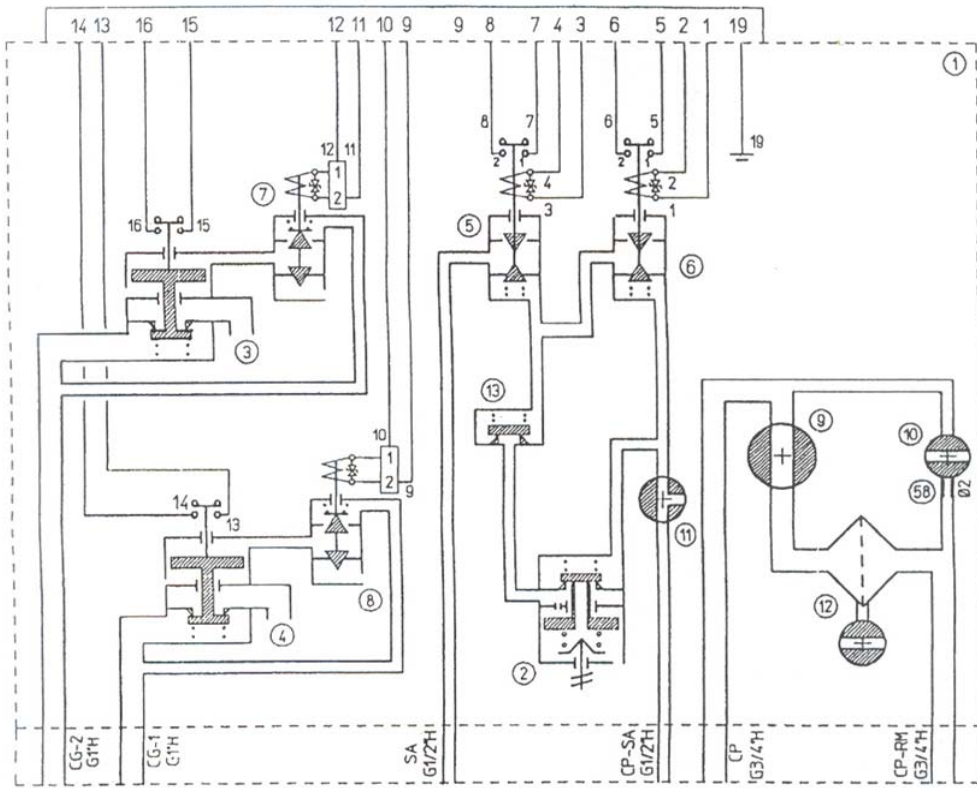
③ 공압보조 패널 각부명칭



<Fig. 18 KTX 공압보조 패널>

명판	명칭	비고
CC-DR-BK-01	필터 청소코크	
CC-IS-BK-03	기관사제동밸브 차단코크	
CC-IS-SA-01	살사장치 차단코크	
FL-CO-BK-01	기관사제동밸브 필터	
MV-EM-01/02	비상제동 제어 전자밸브	
MV-HF-SA-01	대량살사 전자밸브	V ≥ 150 km/h
MV-SA-01	살사제어 전자밸브	V < 140 km/h
PN-AUX-01	공압보조패널	
VA-CK-SA-01	살사감압밸브 체크밸브	
VA-EM-01/02	비상정차 배출밸브	
VA-니-MI-01	소량살사 감압밸브	5 bar 감압

④ KTX 공압보조 제어시스템 개요도



< Fig 19. KTX 공압보조 제어시스템 개요도 >

NO.	약 호	명 칭	비 고
①	PN-AUX-01	공압보조패널	
②	VA-니-MI-01	소량살사감압밸브	5 bar로 감압
③	VA-EM-02	비상정차배출밸브 02	
④	VA-EM-01	비상정차배출밸브 01	
⑤	MV-SA-01	살사제어전자밸브	V < 140 km/h
⑥	MV-HF-SA-01	대량살사전자밸브	V ≥ 150 km/h
⑦	MV-EM-02	비상제동제어전자밸브 02	
⑧	MV-EM-01	비상제동제어전자밸브 01	
⑨	CC-IS-BK-03	기관사제동밸브 차단토크	
⑩	CC-DR-BK-01	필터청소코크 01	
⑪	CC-IS-SA-01	살사장치 차단코크	
⑫	CC-DR-BK-01	필터청소코크 02	
⑬	VA-차-SA-01	살사감압밸브 체크밸브	

(5) 공압현가장치

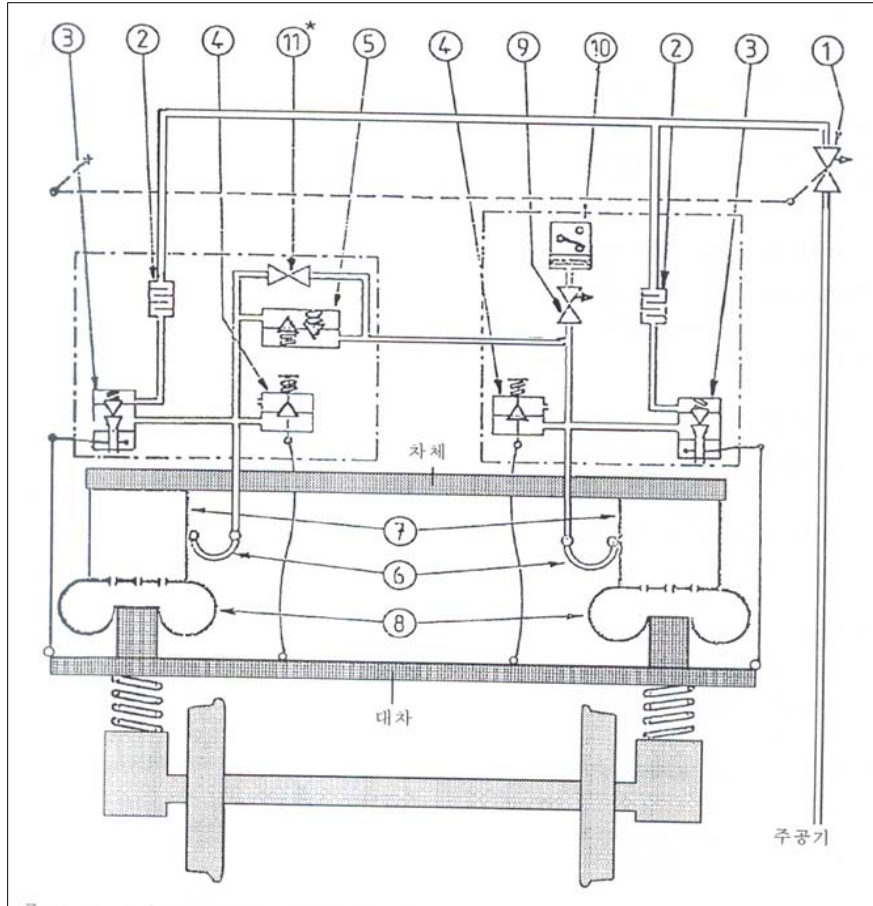
① 주요구성품

- 레벨링 밸브 (VL-LE-SU)
 - 하중에 따라 위치가 변하는 룯드와 레버에 의해 에어백으로 충기를 하거나 에어백으로부터 배출을 시켜 차체의 높이 유지
- 높이제한밸브 (VL-LI-SU)
 - 레벨링 밸브가 충기 위치에서 고착될 경우, 에어백이 계속 팽창하여 정상운행 높이보다 40 mm이상 초과되면 로프에 의해 대기로 배출 시켜 차체 높이가 과다하게 높아지는 것을 방지
- 더블체크밸브 (VL-DF-SU)
 - 비정상적인 감압이 발생할 경우 차체가 기울어지는 것을 방지하기 위하여, 압력차가 1.25 bar가 되는 즉시 두 에어백이 작동하고 차체는 제한스톱퍼 위로 내려옴
- 압력스위치 (PS-SU)
 - 압력스witch는 비정상적인 압력을 감지
- 차단 콕크 (CC-IS-VL-02 또는 바이패스 밸브)
 - 정상 사용시에는 차단, 납봉인되며, 대차 #12, #13의 서스펜션 높이 조정시 사용

② 작동

- 공차, 충기가 되지 않은 상태
 - 에어백이 베어링 플레이트 위로 가라 앉음
 - 레벨링 밸브는 충기위치
- 공차, 충기시
 - 에어백이 충기 되어 차체가 상승
 - 운행높이에 이르면 충기가 차단

③ 공압 현가장치 구조 및 명칭



<Fig. 20 KTX 공압현가장치>

NO	약 호	명 칭
①	CC-IS-SU	서스펜션 차단밸브
②	FL-SU-PN	에어 필터
③	VL-LE-SU	레벨링밸브
④	VL-LI-SU	높이제한밸브
⑤	VL-DF-SU	더블체크밸브
⑥	FX-PN-SU	연결호스
⑦	RV-PN-SU	공기통
⑧	IJ-PN-SU	공기스프링(에어백)
⑨	CC-PS-SU	차단밸브
⑩	PS-SU	서스펜션 압력스위치
⑪	CC-IS-VL	차당콕크(바이패스밸브)

(6) 제동표시기

① 일반사항

- 제동표시기는 제동실린더에 압력이 있는지 없는지를 육안 상으로 보여줄 뿐만 아니라, 운전실에서 사용되는 전기적 제어기능이 포함
- 제동시 적색, 이완시 녹색

② 작동압력

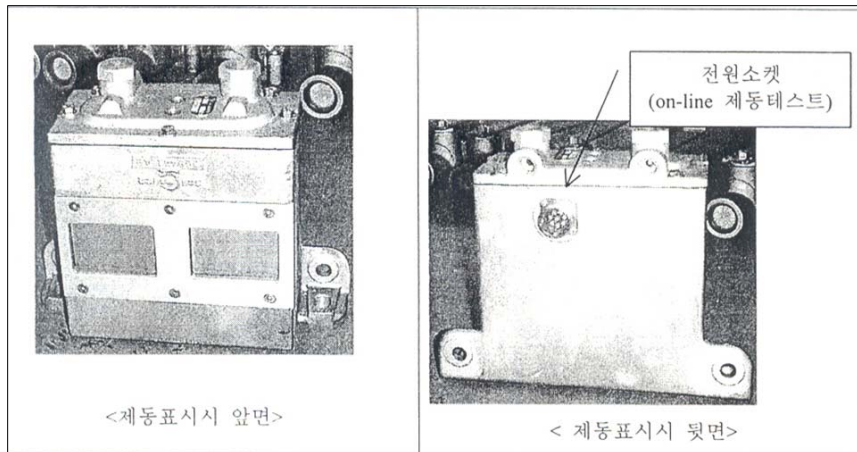
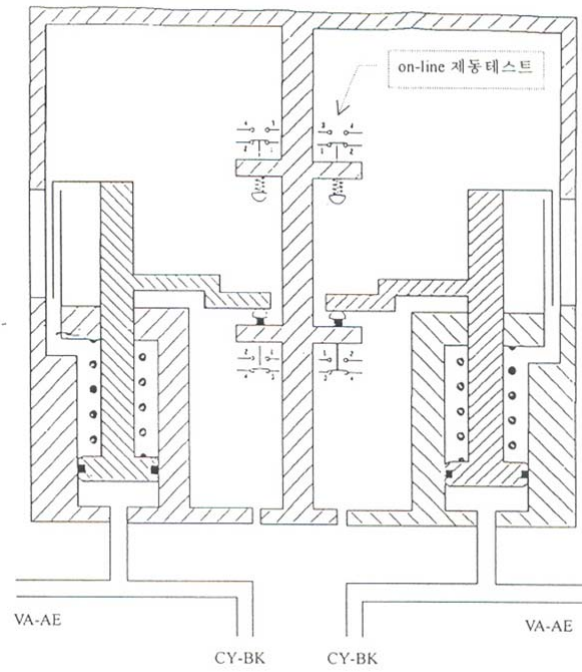
- 제동(application)
 - $P=0.6\sim 0.8$ bar에서 표시창이 완전히 적색으로 바뀌고 전기접점이 불음
 - $P=0.2\sim 0.3$ bar에서 표시창이 녹색에서 적색으로 전환이 이루어지기 시작하고 전기접점(녹색)이 떨어짐
- 이완(released)
 - $P=0.2^{+0}/_{-0.1}$ bar에서 표시창이 녹색으로 바뀌고 전기접점(녹색)이 불음
 - $P=0.6\sim 0.45$ bar에서 표시창이 적색에서 녹색으로 전환이 이루어지기 시작하고 전기접점(적색)이 떨어짐

③ 제동표시기 성능제원

<Table 7 제동 표시기 성능 제원>

구 분	제 원
사 용 조 건	
사용온도	-25℃ ~ +40℃
저장온도	-40℃ ~ +70℃
온도변화(ΔT)	(+10℃ ~ -25℃) , ΔT=35℃
습도	5% ~ 100%
전선 절연내력(wire dielectric)	1500 Veff / 50Hz / 1 mn
공칭전압	72V
전원공급범위	50V ~ 90V
최소전류	5 mA
공급장치로부터의 정상압력범위	0 ~ 3 ± 0.1 bar
주공기관(MRP)으로부터 우발적압력	10.2 ^{+0.2} / ₋₀ bar
성 능	
기밀도	ΔP ≤ 25 mb (시험대에서 1분간, P=5 bar)
완전한 제동(적색창)표시	0.6 ≤ P ≤ 0.8 bar
완전한 제동(녹색창)표시	0.1 ≤ P ≤ 0.2 bar
무게	1.3 kg.max

④ 제동표시기 구조



<Fig. 21 KTX 제동표시기 구조>

(7) 제동거리 성능시험

※ 조건: 18TR, 차륜 반마모의 W2(766.3 ton)/ 레일이 직선, 평탄, 건조한 조건에서의 성능

<Table 8 제동력 분담 성능>

회생 비상제동에서의 제동력 분담 (kN)				
속도(km/h)		회생제동	공기제동	총제동력
8 > 0		0	18.2	18.2
혼합 제동	16 > 8	33.3 > 0	18.2	50 > 18.2
	20 > 16	50 > 33.3	0 > 18.2	50
> 20		50	0	50
저항제동시 제동력 분담 (kN)				
속도(km/h)		저항제동	공기제동	총제동력
8 > 0		0	18.2	18.2
혼합 제동	55 > 8	30 > 0	18.2	48.2 > 18.2
	> 55	30	18.2	48.2

① 모든 제동장치가 정상일 때 실험치

구 분	성 능	비 고
비상제동 푸쉬버튼에 의한 정지거리		제동거리 제원(계산치) : -300 km/h에서 비상제동 : 3300 m -300 km/h에서 상용제동 : 6600 m
300 km/h	3500 m	
270 km/h	2750 m	
170 km/h	1100 m	
제동제어기에 의한 감속거리		
270 → 230 km/h	1050 m	

② 제동장치에 결함이 있을 때(downgraded mode): 즉, 1MB(발전제동), 1CB 차단시

구 분	성 능
비상제동 푸쉬버튼에 의한 정지거리	
300 km/h	3750 m
270 km/h	2950 m
170 km/h	1200 m

(8) 전기제동력

전기제동 구분	속도(km/h)	대차당 감속력(kN)	점착계수(%)
저항제동 (rheostatic)	230 > 55	29.16	9
	300	22.6	6.7
회생제동 (regenerative)	160 > 20	50	15
	300	26.6	8

(9) 공기제동력

① 동력대차

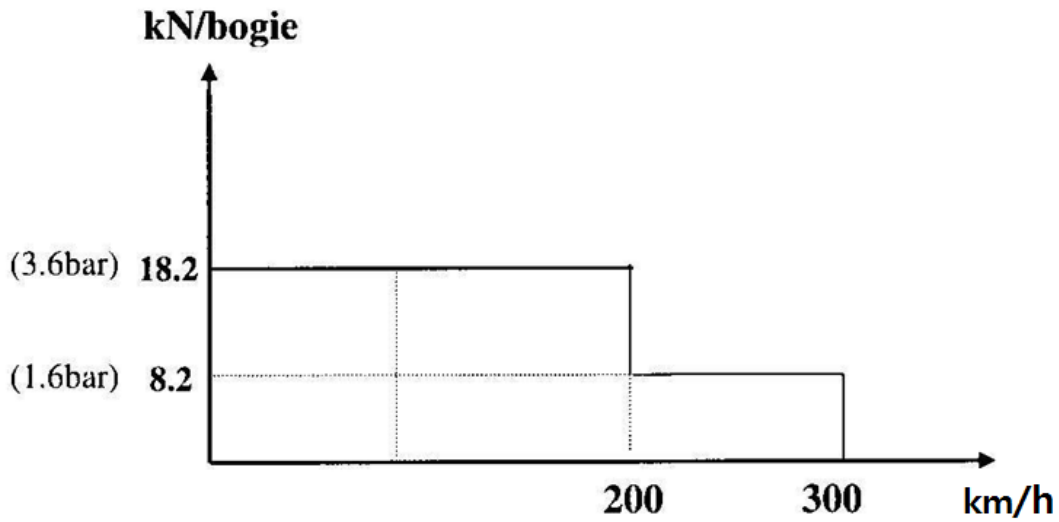
구 분	BC압력(bar)	제동력/ BC	감속력/대차(kN)
정상(V<200 km/h)	3.6	4.55	18.2
감소(V>200 km/h)	1.6	2.05	8.2

② 객차대차

구 분	BC압력(bar)	제동력/디스크	감속력/대차 (kN)
정상(V<215 km/h)	3.80	5.60	44.8
감소(V>215 km/h)	3.05	4.26	34.1

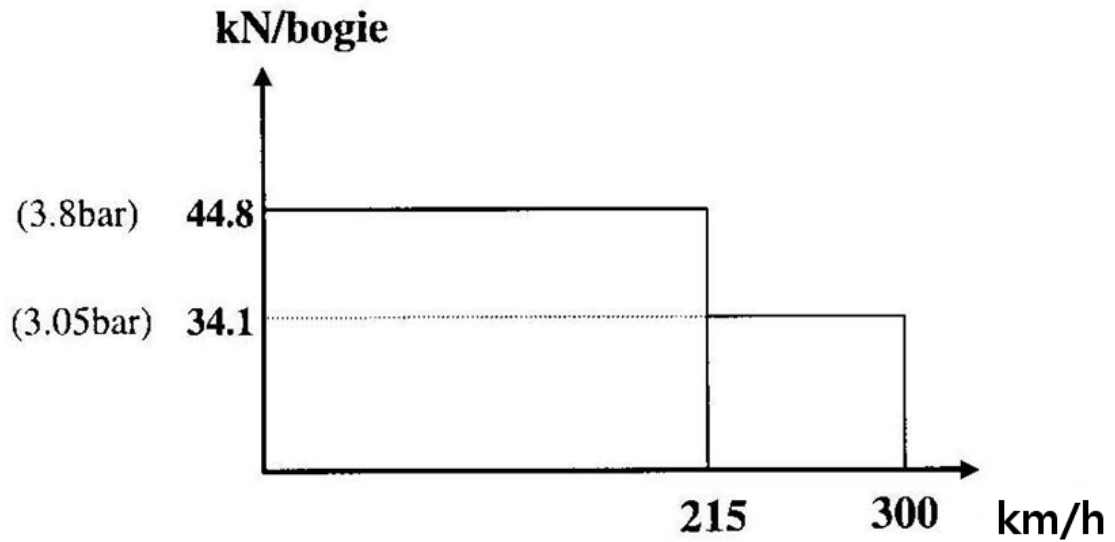
(10) 제동력

① 동력대차 : 속도분기점(speed threshold) 200 km/h



< Fig. 22 동력대차 제동력 >

② 객차대차 : 속도 분기점(speed threshold) 215 km/h



< Fig. 23 객차대차 제동력 >

3.3.2 1인 제동시험용 주차제동(holding brake for brake test): FIEF

① 1인 제동

- 기관사의 작업량을 경감
 - 규정에 의한 매번 운행전 시행하는 제동시험에서 기관사의 지원
 - 보조자의 도움 없이 기관사 단독으로 제동시험 수행가능
- 높은 가용성(availability)보장
- 출발전 지연 방지
- 사용약어
 - EFAS : 1인제동
 - FIEF : 제동시험용 주차제동

② 1인 제동시험(EFAS)을 목적으로, 푸쉬버튼 PB-BK-PK-01을 누르면 작동하는 유지제동은 사용 중인 동력대차의 답면제동에 전제동력이 가해진다.

(BP 압력과는 상관없음)

따라서 FIEF는 제동시험 중에 제동 및 이완 사이클이 진행되는 동안에 열차를 정차 유지시킨다.

③ 정차유지 안전구배

구 분	18 TR	14 TR
공 차	4.8 %	5.8 %
영 차	4.4 %	5.3 %

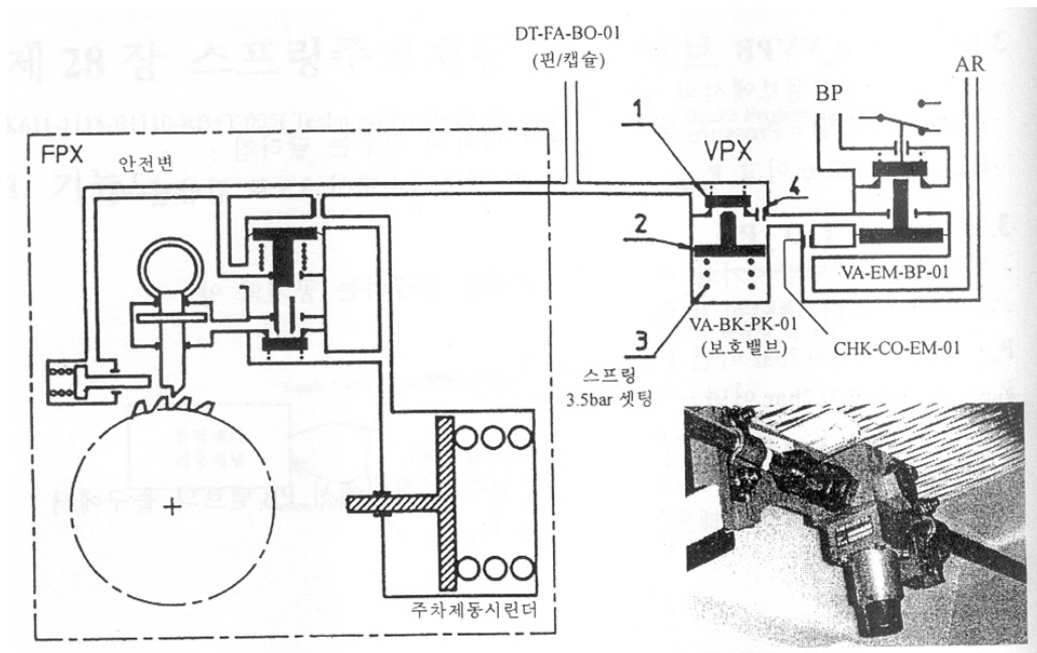
3.3.3 스프링 주차제동

① 일반사항

- 주차제동 (parking brake) 실린더 : 동력대차 제동블록에 내장 (6대차 24개)
- 스프링에 의한 주차부 제동실린더의 행정은 짧기 때문에 충분한 힘을 발휘할 수 없다. 따라서 주차제동은 상용제동이 체결된 후에 힘을 발휘

② 스프링의 힘에 의한 주차제동은 열차중량(W2: 771.2Ton)의 열차를 2.5%구배에서 유지시킨다. (동력대차 6대차에 총24개 설치)

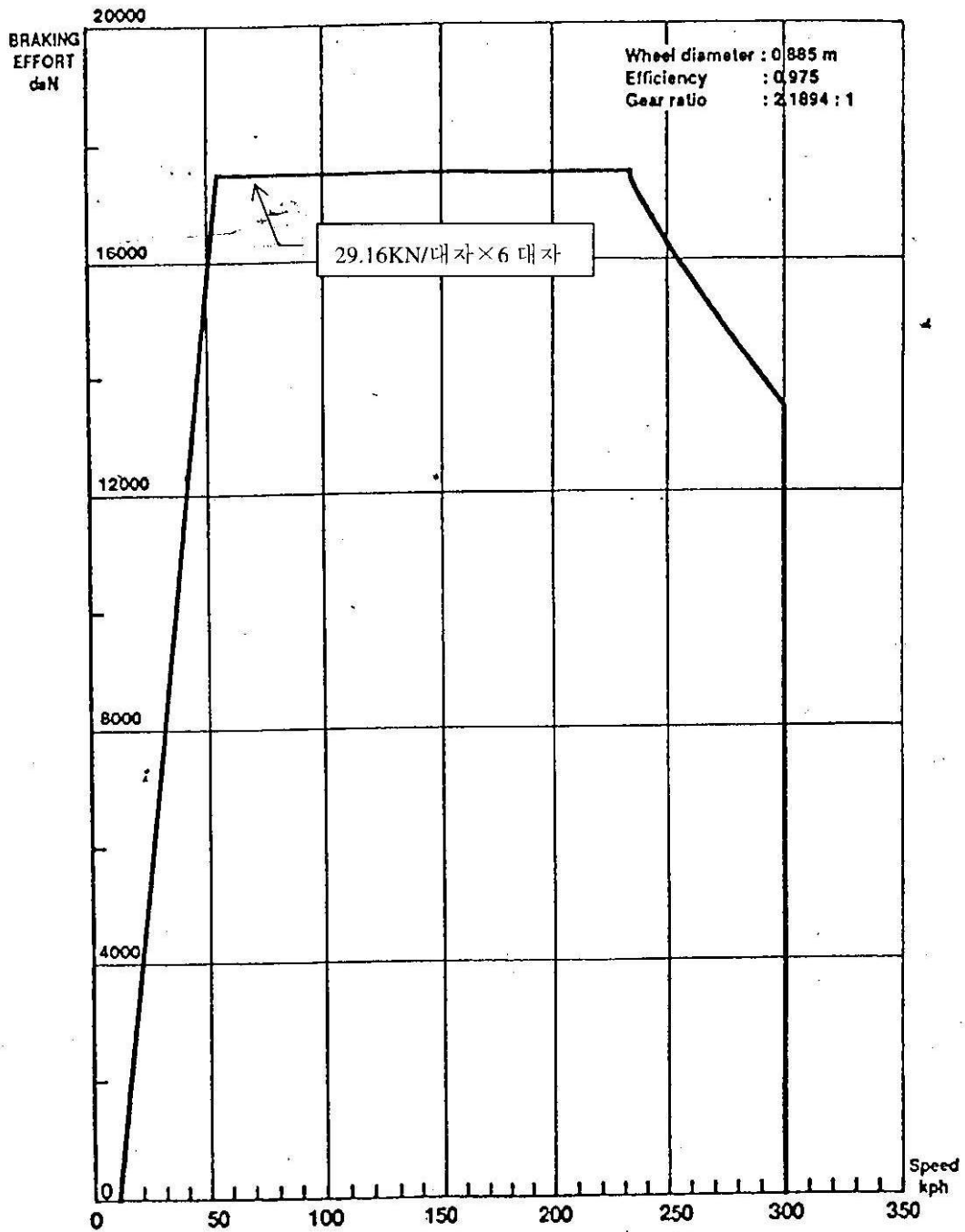
③ 스프링 주차 제동 보호밸브



< Fig. 24 스프링 주차 제동 보호밸브 >

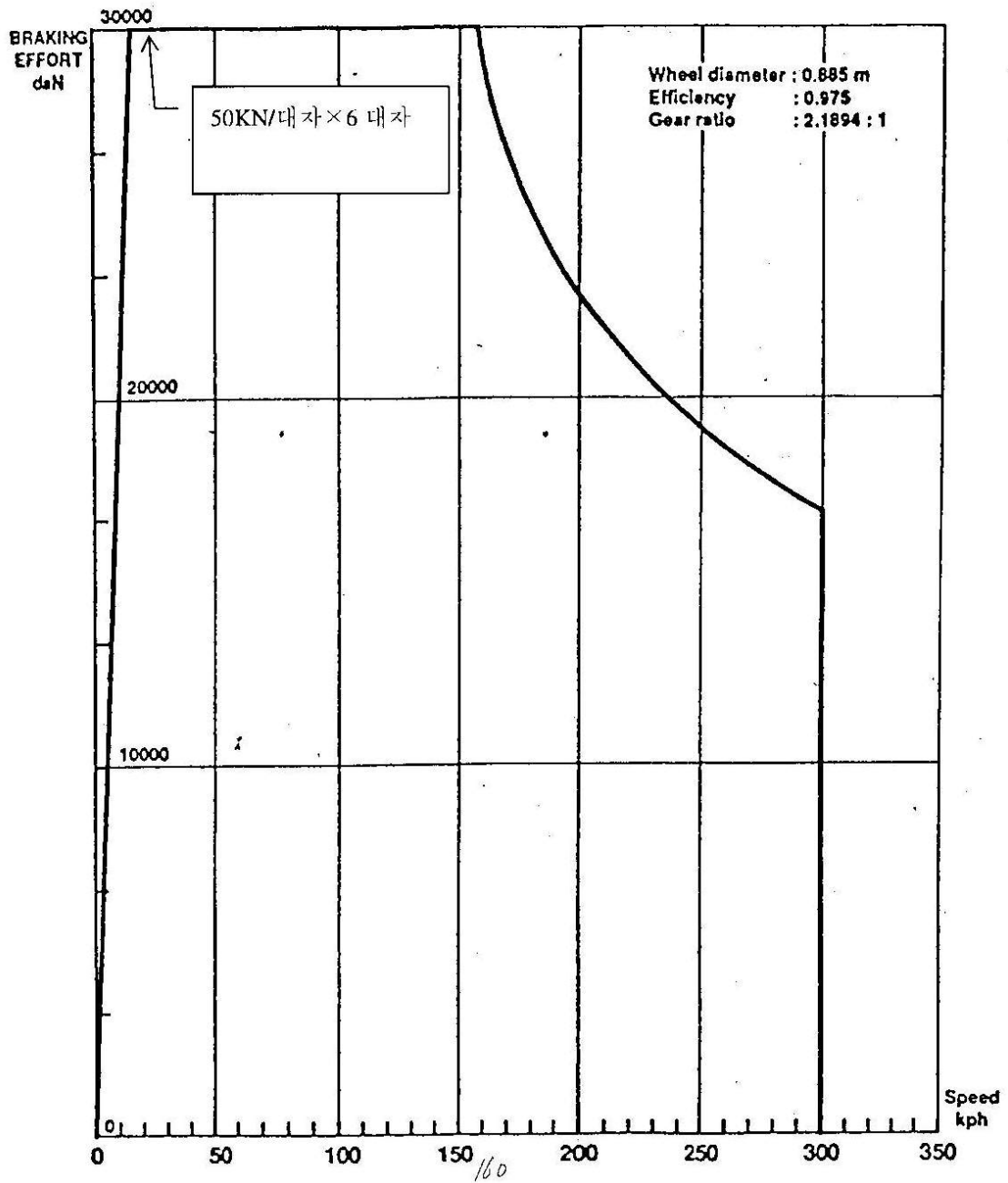
3.3.4 제동특성

① 전기제동: 저항제동(rheostatic braking)



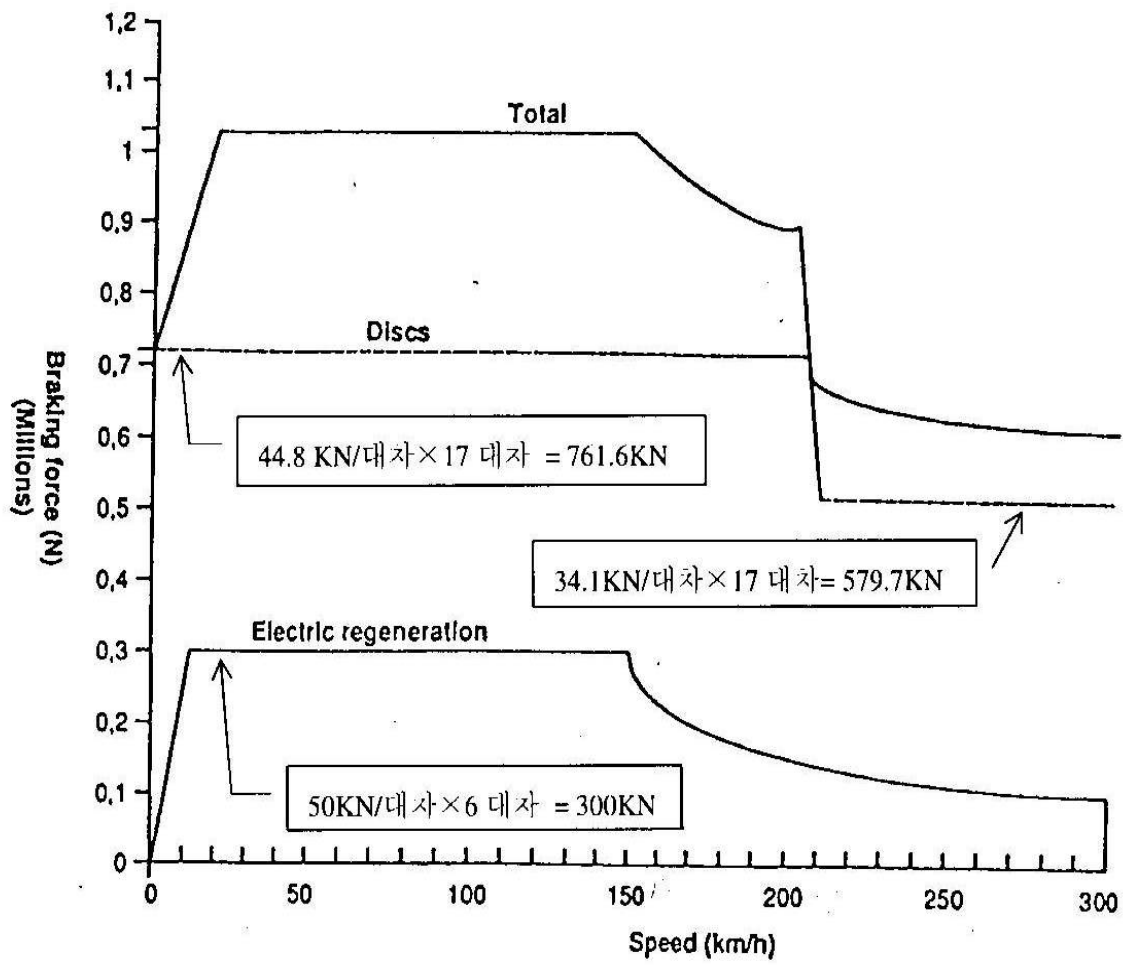
< Fig. 25 저항제동 제동특성 >

② 전기제동: 회생제동(regenerative braking)



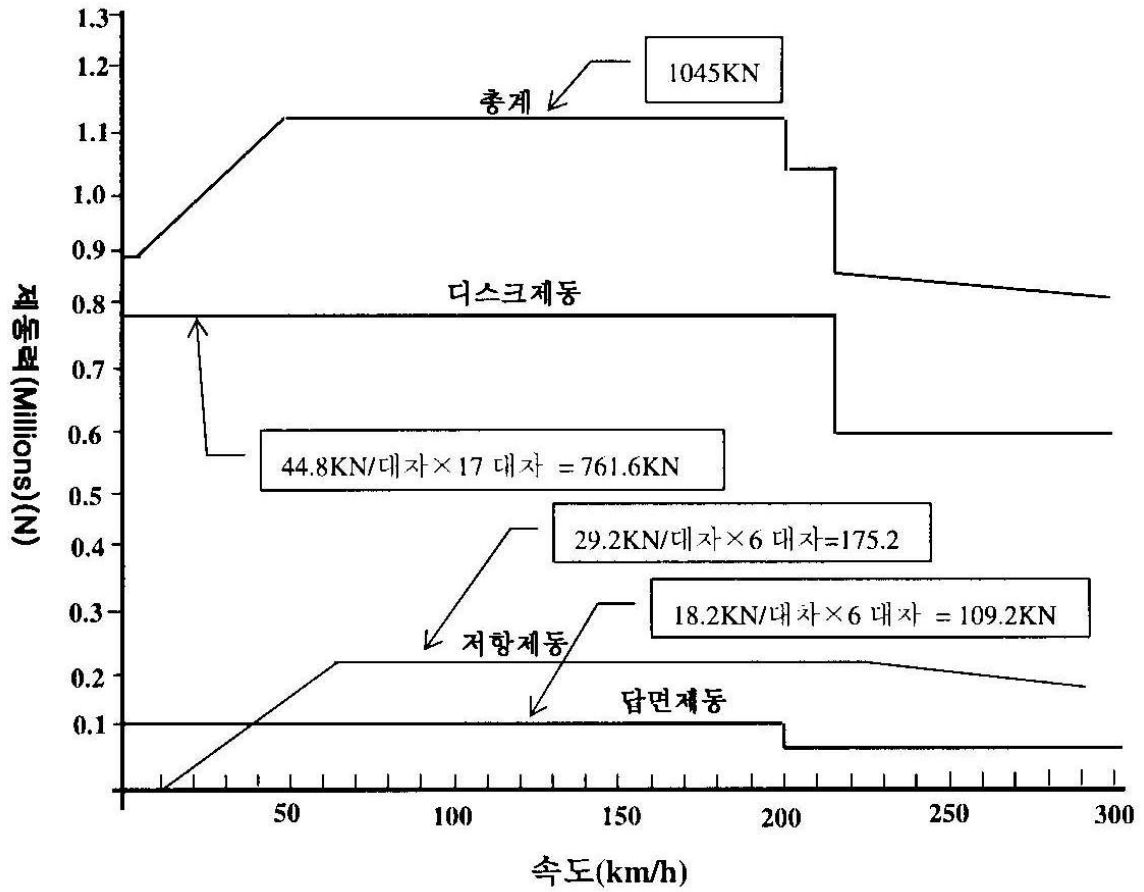
< Fig. 26 회생제동 제동특성 >

③ 비상제동력



< Fig. 27 비상 제동력 >

④ 전차선 전원이 없는 상태에서 제동력



<Fig. 28 전차선 전원이 없는 상태에서의 제동력>

3.4 운용과정에서 발생한 유지보수 측면에서의 요구조건

(1) 고속철도차량(KTX)의 운행에 따른 부품 수명

<Table 9 제동제어 패널의 수명>

부품명	예상내구년한	예상교체시기	1차 교체시기
제동제어패널	3×10 ⁶ km	6.5 년	4.5 년

(2) 외자수입부품인 제동장치의 국산화 추진 시급

- 제동장치의 주요기술은 기술이전이 없는 상황에서 국내에서는 주요부품을 수입하여 국내 공장에서 조립하여 판매만을 하고 있는 실정이다. 제동장치 주요 기술의 국산화는 비용 절감뿐만 아니라 기술의 확보로 인한 해외시장에서의 경쟁력을 제고시킬 수 있다.

(3) 외자수입부품의 국산화 대체에 따른 비용 절감

- 최근 유로화의 강세와 선진국의 소모성 부품에 대한 고가정책으로 연간 수십억원의 유지보수 비용이 해외로 유출되고 고유가에 따른 비용 상승으로 부품의 국산화가 절실하다.

(4) 유지보수품 확보기간이 장기화

- 유지보수기술 및 보수품의 미확보로 인하여 고속열차의 안전한 유지보수가 어려울 뿐만 아니라 이로 인한 안전운행에도 영향을 미친다.

(5) 2006년 4월 보수품 계약자 의무조달 기간 만료

- 프랑스의 지원 체제 종료와 동시에 알스톰 본사의 기술이전 체제도 종료됨을 의미하므로 고속차량의 운용 및 보수품 지원체제가 근본적으로 변경됨을 고려하여 KTX 지원체제의 조직 및 인력 보강 계획을 수립 추진하여야 한다.

(6) 기술이전 및 국산화 과정에서 기술 전수자 사후관리 미흡

- 기술전수업체가 없는 관계로 제동시스템을 개발하여 납품하는 업체를 유지

보수, 증정비 사업에 참여하게 함으로써 기술을 활용하고 발전시킬 필요가 있다.

(7) 프랑스 규격이 적용된 부품 규격 현실화의 어려움

- 고속철도와 관련된 각종 유럽 규격을 분석하여 국내 실정에 적합한 표준 규격 제정이 요구된다. 단순히 기존 프랑스나 유럽 규격, 또는 제작사의 자료에만 의존하는 물품을 구매하는 방식에서 탈피하여 각종 부품의 규격을 비교 후 국내 실정에 맞는 새로운 규격 제정이 요구된다.

(8) 추가물량이 확보되지 않아 설치된 설비, 장비 활용 및 기술 인력의 육성, 발전의 제약을 야기시킨다.

(9) 품질 관리 시스템의 구축

- 철도공사가 개발한 신뢰성 정비 시스템 (RCM:Reliability Centered System)의 정보 공유 등을 통하여 장기적인 신뢰성 데이터 구축이 필요하다.

3.5 성능측면에서의 일반적 요구조건

- (1) 신속 제동과 이완 작용
 - 고속으로 달리는 열차의 특성으로 인해 제동과 이완 작용이 동시에 작동할 수 있는 시스템 요구
- (2) 각 차량의 동시제동과 이완
 - 각 차량의 제동장치가 동시에 작동하여 안정된 승차감을 유지할 수 있는 시스템 요구(시스템의 정확한 조합에 의한 높은 승차감)
- (3) 광범위한 제동의 가·감속
 - 열차를 급속하게 정지시킬 필요가 있을 경우와 사전에 정해져 있는 제동블럭까지 열차의 속도를 감속시켜 정차하거나 경사, 구배에서도 원활한 제동작용을 위해 임의로 가·감속이 가능한 제동시스템 요구
- (4) 반복 제동사용의 가능
 - 제동장치를 이완시킨 후 재차 신속한 제동 작용을 위해서 공급공기통의 압력이 규정압력까지 빠른 충기를 요하는 반복제동 가능한 시스템 요구
- (5) 정해진 운전실 외의 제동작용
 - 열차의 제동장치는 운전실에서 운전자에 의해 작동되지만 운전자는 모르고 승객들만이 알 수 있는 비상사태에서 제동이 가능할 수 있는 제동시스템 요구
- (6) 열차의 분리 시 자동제동 작용
 - 차량간의 연결이 불안하거나 비상사태로 인해 열차가 분리되었을 경우에도 제동을 인가할 수 있어야 하며 자동으로 각 차량마다 제동이 인가 가능한 시스템 요구
- (7) 제동시스템과 중앙제어장치의 인터페이스
 - 제동인가와 완해 그리고 제동력의 분배, 현재 제동의 현황들은 제동제어기 뿐 아니라 중앙 제어장치가 이러한 상황을 모니터 할 수 있는 시스템 요구
- (8) 자동제동시스템의 시험을 위한 열차의 자동진단
 - 제동시스템의 성능을 자동으로 진단할 수 있는 자체 기능 기술 요구

3.6 정비이력에 대한 체계적인 데이터베이스 구축 관련 핵심기술 분석

(1) 고속철도(KTX)차량 유지보수

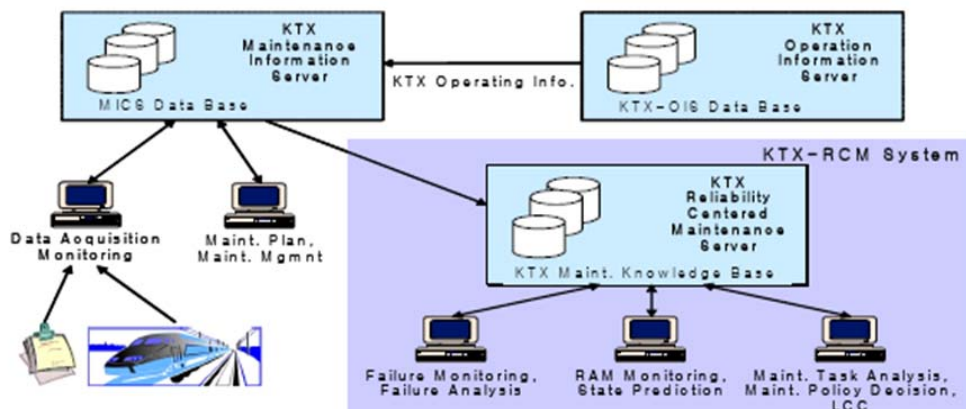
- ① 예방유지보수는 고장발생 전, 마모나 주기에 따라 시행하는 보수
- ② 수정유지보수는 고장발생에 따라 그 원인을 제거하여, 복구하는 보수
- ③ 예방유지보수에 비중을 높이면 인건비 및 재료비가 증가하게 되고, 수정유지보수의 비중을 높이면 사고에 대한 손실이 늘어나게 되므로 상기 2가지 보수는 균형을 이루는 것이 중요

(2) RCM (Reliability Centered Maintenance): 고속철도의 신뢰성 기반 유지보수 시스템

- ① 기초정보 등록 관리
- ② 목표관리
- ③ 유지보수 프로그램 관리
- ④ 비용·효과 분석
- ⑤ 파라미터 관리

(3) 고속철도(KTX)차량의 RCM 시스템 구성도

- ① 현장운동 및 정비경험을 최대한 반영하고 발생한 고장은 물론 발생가능성이 있는 잠재적 고장을 고려하여 기존 정비정책을 검증 및 최적화 할 수 있는 KTX의 CCMS인 MIMS(Maintenance Information Management System)와 연계한 KTX-RCM 구축.



<Fig. 29 KTX-RCM 시스템 구성도>

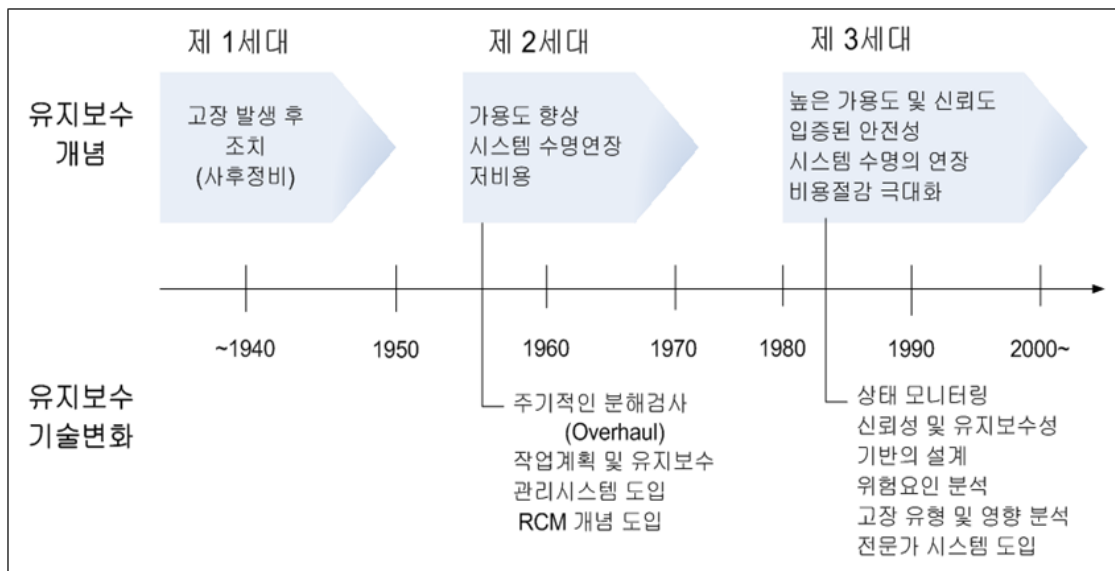
(4) 예방정비 주기관리

- ① TBO: KTX 정비현장에서 예방정비 주기에 대한 판단이 쉽게 결정되지 않을 때에는 서비스 품질이 보장되는 관련 부품
- ② 잠재수명 주기: 예방정비 주기를 이용하여 TBO가 정해지고, 그 값을 대표 하는 표본이 전문검사에 의해 부적합으로 확인되지 않은 부품
- ③ 부품의 열화 진행정도를 쉽게 알 수 없으므로 예정수명의 3/4 정도 주기에 전문적인 검사 시행

3.7 유지보수 시스템 분석

(1) 고속철도차량의 고속주행에 따른 안전성 확보와 이를 유지할 수 있는 운영 및 유지보수에 필요한 비용은 총수명주기비용(LCC, Life Cycle Cost)의 60% 정도를 차지할 정도로 전체 운영비에 차지하는 비중이 큰 만큼 효율적인 운영과 유지보수비용 절감이 무엇보다 중요

(2) 장치의 요소기술발전에 따른 유지보수의 개념 변화



<Fig. 30 유지보수 개념 및 기술변화 현황>

(3) 2002년 2월~5월 ‘고속철도 종합정보 시스템 구축을 위한 정보전략계획 (ISP) 수립 프로젝트

- 응용 시스템
- 인프라
- 역무자동화
- 기존시스템과의 연계/통합

(4) 고속차량을 운용하고 유지보수를 시행하는 주체

- 고객의 기대 반영
- 차량의 부품이나 장치의 불합리한 부분 개선
- 차량의 안전성 확보
- 최소 비용으로 운영

(5) 시스템 엔지니어링(SE; System Engineering)

- 인력(people), 제품(product), 절차(process)에 관한 균형 있는 해결책을 개발하고 검증
- 체계에 대한 요구사항을 만족시키고 체계개발에 따르는 문제해결을 위해 필요한 전문 분야의 복합 기술 체계 전체를 구성하는 모든 요소들을 절충하는 방법 또는 절차
- 차량을 설계/제작하여 운영하고 폐기할 때까지의 소요되는 비용과 관리 방법과 모든 부분을 포함

(6) 신뢰성 관리(RAMS)

<Table 10 신뢰성 관리>

구 분	척 도	비 고
신뢰성 (Reliability)	MKBF(MKBSF), MTBF	Mean Kilometer Between Service Failure 고장이 발생하기까지의 평균 시간 또는 운행 킬로
가용성 (Availability)	MTBF/MTBF+MTTR	총 시간 분의 가용시간의 확률(%)
유지보수성 (Maintainability)	MTTR	Mean Time To Repair
안전성 (Safety)	고장(사고)건수/주기,기간	안전과 직결되는 고장건수

(7) 유지보수 시스템 기술기반 분석

- ① 유지보수 매뉴얼 개발
- ② 제동시스템 진단장비 및 시험기 개발
- ③ 최적 유지보수 관리체계 구축

4. 연구개발 수행체계 도출

4.1 단계별 연구내용

(1) 1차년도

번호	연구개발내용	세부추진계획 및 방법
1	<ul style="list-style-type: none"> ■ 자료수집 - 제동장치 자료 - 유지보수 기준 	<ul style="list-style-type: none"> ▫ 고속차량에 대한 제동장치 자료조사 ▫ 현재의 유지보수 체계 및 절차 파악 ▫ 고속차량에 대한 현차 조사
2	<ul style="list-style-type: none"> ■ 사용자 요구조건 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ▫ 유지보수 측면에서의 요구조건 분석 ▫ 성능 측면에서의 요구조건 분석
3	<ul style="list-style-type: none"> ■ 유지보수 관련 - 기존제품과 비교 - 호환성 검토 	<ul style="list-style-type: none"> ▫ 기존제품과 개발품의 유지보수 항목 비교 ▫ 기존제품과 개발품의 호환성 검토 ▫ 유지보수 비용(LCC) 검토
4	<ul style="list-style-type: none"> ■ 인터페이스 검토 	<ul style="list-style-type: none"> ▫ 타 기기와의 인터페이스 검토 ▫ 개선품과의 인터페이스 검토
5	<ul style="list-style-type: none"> ■ 검수종별 적절성 검토 	<ul style="list-style-type: none"> ▫ 현재 운용되고 있는 검수종별에 대한 조사 ▫ 적절성 검토 및 개선방향 제시
6	<ul style="list-style-type: none"> ■ 제동장치 기본설계 및 상세설계 	<ul style="list-style-type: none"> ▫ 개발품에 대한 분석 ▫ 제작규격서 검토, 시험절차서 검토 ▫ 구성품 상세설계
7	<ul style="list-style-type: none"> ■ 연차보고서 작성 	<ul style="list-style-type: none"> ▫ 1차년도 연구성과 보고서 작성

(2) 2차년도

번호	연구개발내용	세부추진계획 및 방법
1	■ 시제품 제작	▫ 1차년도 설계완료 구성품, 시제품 제작
2	■ 제동장치 기본설계 및 상세설계	▫ 개발품에 대한 List up ▫ 제품규격서 검토, 시험절차서 검토 ▫ 구성품 상세설계
3	■ 시제품 제작	▫ 2차년도 설계완료 구성품, 시제품 제작
4	■ 개발품 성능검증 준비 및 현차시험 계획 수립	▫ 제품규격서, 시험절차서 작성 ▫ 시험기 상세설계 및 제작 ▫ 현차시험 계획 수립
5	■ 유지보수 항목관리 절차서 작성	▫ 개발품에 대한 유지보수 절차서 작성
6	■ 연차보고서 작성	▫ 2차년도 연구성과 보고서 작성

(3) 3차년도

번호	연구개발내용	세부추진계획 및 방법
1	■ 조립, 시험	▫ 각 구성품 조립, 시험 ▫ 제동패널 조립, 시험 (제품규격서, 시험절차서)
2	■ 현차시험	▫ 현차시험 협의 ▫ 계측장비 준비 ▫ 현차취부 ▫ 정치시험 ▫ 현차운행시험
5	■ 연차보고서 작성	▫ 3차년도 연구성과 보고서 작성 ▫ 개발과제 완료보고서 작성

4.2 개발(예정) 품목

구분	수량/ 열차	적용차종	개발목표
1. 객차대차 제동패널	17	TR1 to TR18 (TR10 제외)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 패널 외 9종 구성품 ▪ 부품단위 호환성 확보 ▪ 패널조립품 취부호환성 확보 ▪ 각 구성품 성능확보 ▪ 패널조립품 성능확보 ▪ 내환경시험 품질확보 ▪ 진동시험 품질확보 ▪ 현차운행(시험) 성능확보
			
2. 안티스키드패널	17	TR1 to TR18 (TR10 제외)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 패널 외 2종 구성품 ▪ 부품단위 호환성 확보 ▪ 패널조립품 취부호환성 확보 ▪ 각 구성품 성능확보 ▪ 패널조립품 성능확보 ▪ 내환경시험 품질확보 ▪ 진동시험 품질확보 ▪ 현차운행(시험) 성능확보
			
3. MR/BP 패널차단밸브	17	TR1 to TR18 (TR10 제외)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부품단위 호환성 확보 ▪ 조립품 취부호환성 확보 ▪ 조립품 성능확보 ▪ 현차운행(시험) 성능확보
			
4. 이중제동표시기	34	TR1 to TR18 (TR10 제외)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부품단위 호환성 확보 ▪ 조립품 취부호환성 확보 ▪ 조립품 성능확보 ▪ 내환경시험 품질확보 ▪ 진동시험 품질확보 ▪ 현차운행(시험) 성능확보
			

구분	수량/ 열차	적용차종	개발목표	
5. 제동캘리퍼		136	TR1 to TR18 (TR10 제외)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부품단위 호환성 확보 ▪ 조립품 취부호환성 확보 ▪ 기계적성질 품질확보 ▪ 진동시험 품질확보 (제동실린더 조합시험) ▪ 현차운행(시험) 성능확보
6. 동력대차 제동패널				
7. MR/BP 패널차단밸브		6	PC1, PC2 & TR1, TR18	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부품단위 호환성 확보 ▪ 조립품 취부호환성 확보 ▪ 조립품 성능확보 ▪ 현차운행(시험) 성능확보
8. 제동완해표시기				

구분	수량/ 열차	적용차종	개발목표
9. 주차제동보호밸브		PC1, PC2 & TR1, TR18	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부품단위 호환성 확보 ▪ 조립품 취부호환성 확보 ▪ 조립품 성능확보 ▪ 현차운행(시험) 성능확보
10. 주차제동실린더			
11. 기관사 제동패널		PC1, PC2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 패널 외 13종 구성품 ▪ 부품단위 호환성 확보 ▪ 패널조립품 취부호환성 확보 ▪ 각 구성품 성능확보 ▪ 패널조립품 성능확보 ▪ 내환경시험 품질확보 ▪ 진동시험 품질확보 ▪ 현차시험 성능확보
12. 공압보조패널			

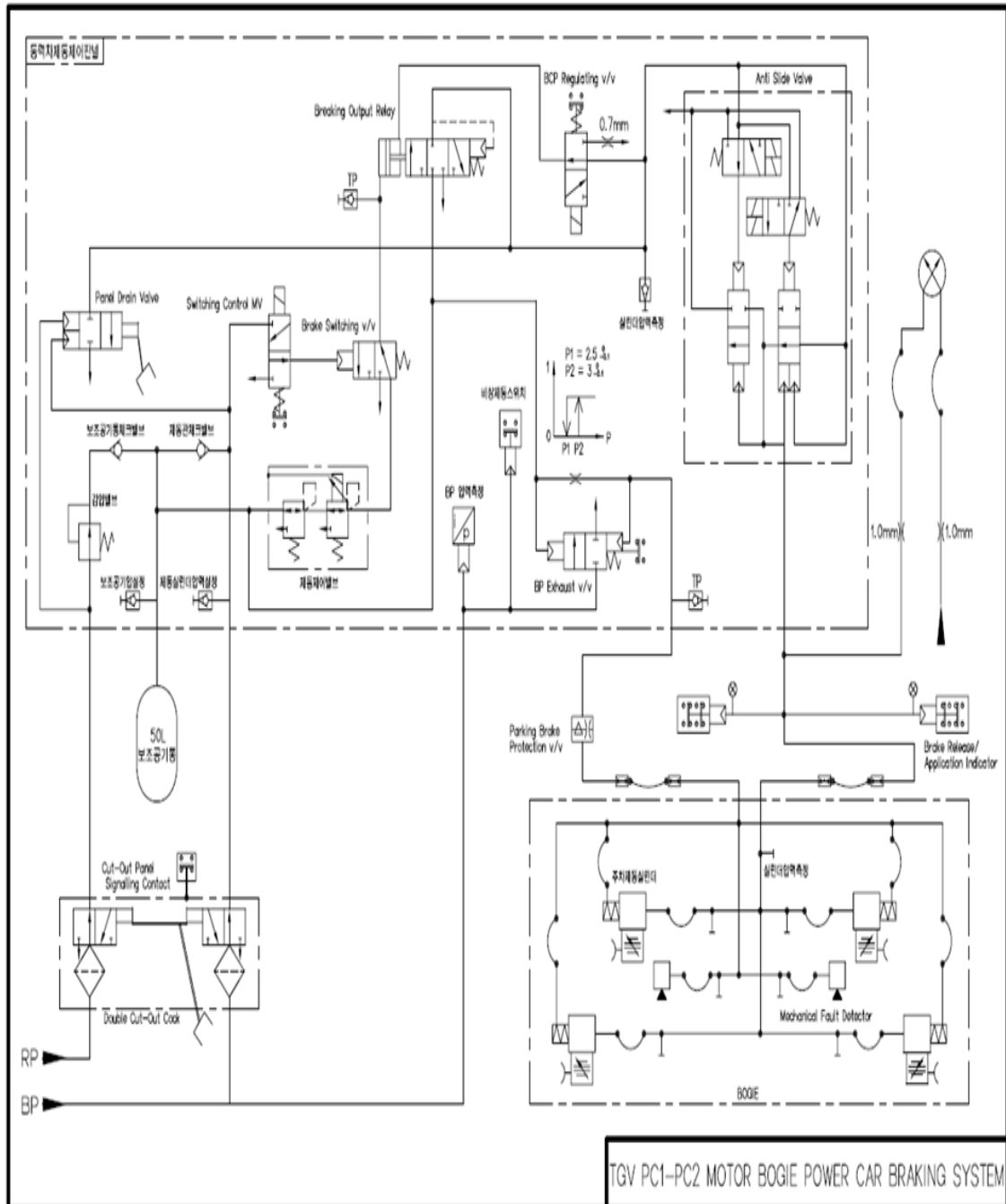
구분	수량/ 열차	적용차종	개발목표
13. 대차 현가장치 차단콕크	19	TR1 to TR18 (TR10 제외)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부품단위 호환성 확보 ▪ 조립품 취부호환성 확보 ▪ 조립품 성능확보 ▪ 현차운행(시험) 성능확보
			
14. 공기필터	38	TR1 to TR18 (TR10 제외)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부품단위 호환성 확보 ▪ 조립품 취부호환성 확보 ▪ 조립품 성능확보 ▪ 내환경시험 품질확보 ▪ 진동시험 품질확보 ▪ 현차운행(시험) 성능확보
			
15. 레벨링밸브	38	TR1 to TR18 (TR10 제외)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부품단위 호환성 확보 ▪ 조립품 취부호환성 확보 ▪ 조립품 성능확보 ▪ 내환경시험 품질확보 ▪ 진동시험 품질확보 ▪ 현차운행(시험) 성능확보
			
16. 높이제한밸브	38	TR1 to TR18 (TR10 제외)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부품단위 호환성 확보 ▪ 조립품 취부호환성 확보 ▪ 조립품 성능확보 ▪ 내환경시험 품질확보 ▪ 진동시험 품질확보 ▪ 현차운행(시험) 성능확보
			

구분	수량/ 열차	적용차종	개발목표
17. 차압밸브	19	TR1 to TR18 (TR10 제외)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부품단위 호환성 확보 ▪ 조립품 취부호환성 확보 ▪ 조립품 성능확보 ▪ 내환경시험 품질확보 ▪ 진동시험 품질확보 ▪ 현차운행(시험) 성능확보
			
18. 현가장치 압력스위치	19	TR1 to TR18 (TR10 제외)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부품단위 호환성 확보 ▪ 조립품 취부호환성 확보 ▪ 조립품 성능확보 ▪ 내환경시험 품질확보 ▪ 진동시험 품질확보 ▪ 현차운행(시험) 성능확보
			

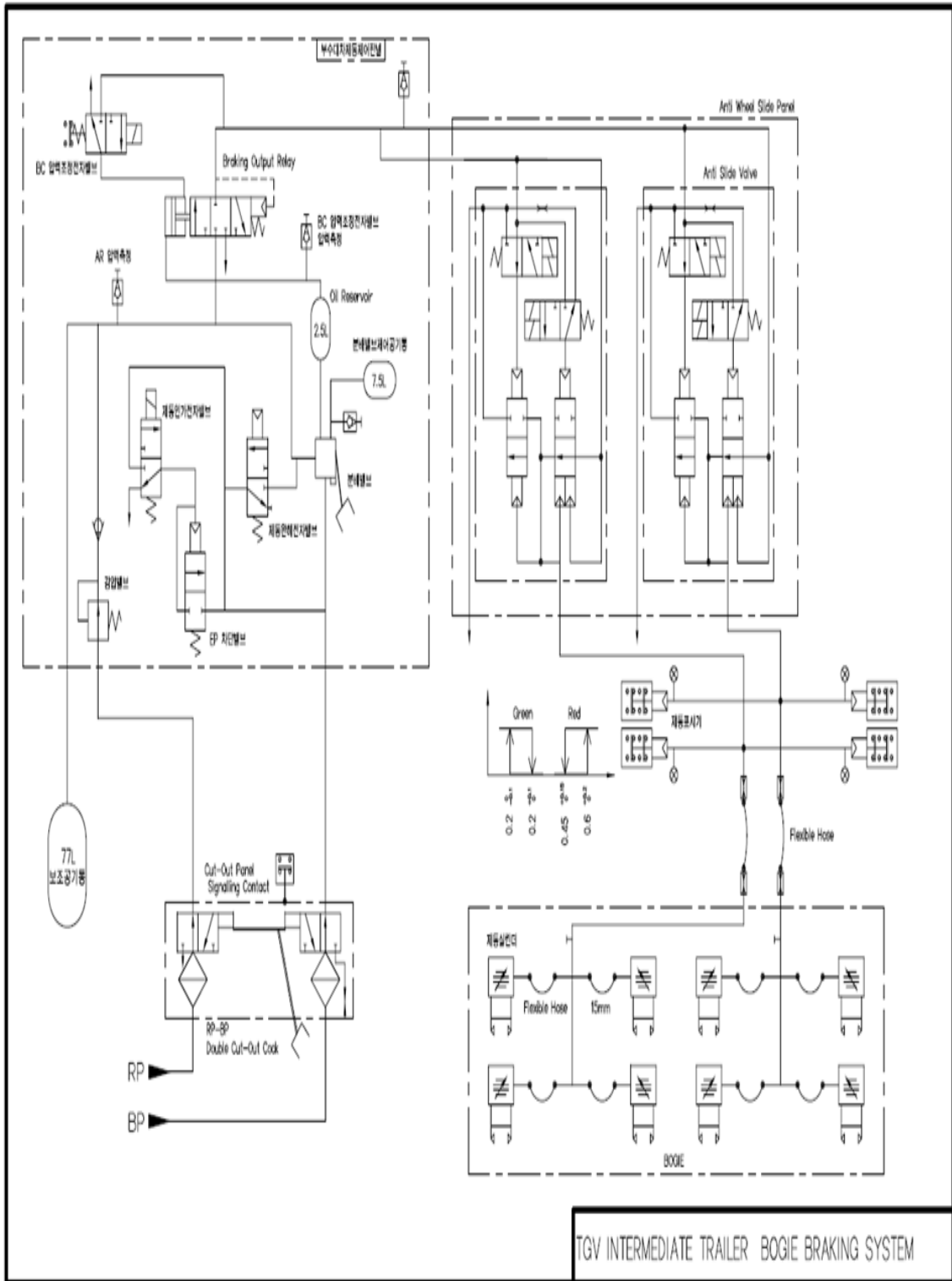
주) 객차용 제동실린더(Brake Cylinder)는 구매조건부 신기술 개발사업으로 추진되었기 때문에 개발품목에서 배제함.

4.3 각 패널별 블록 다이어그램

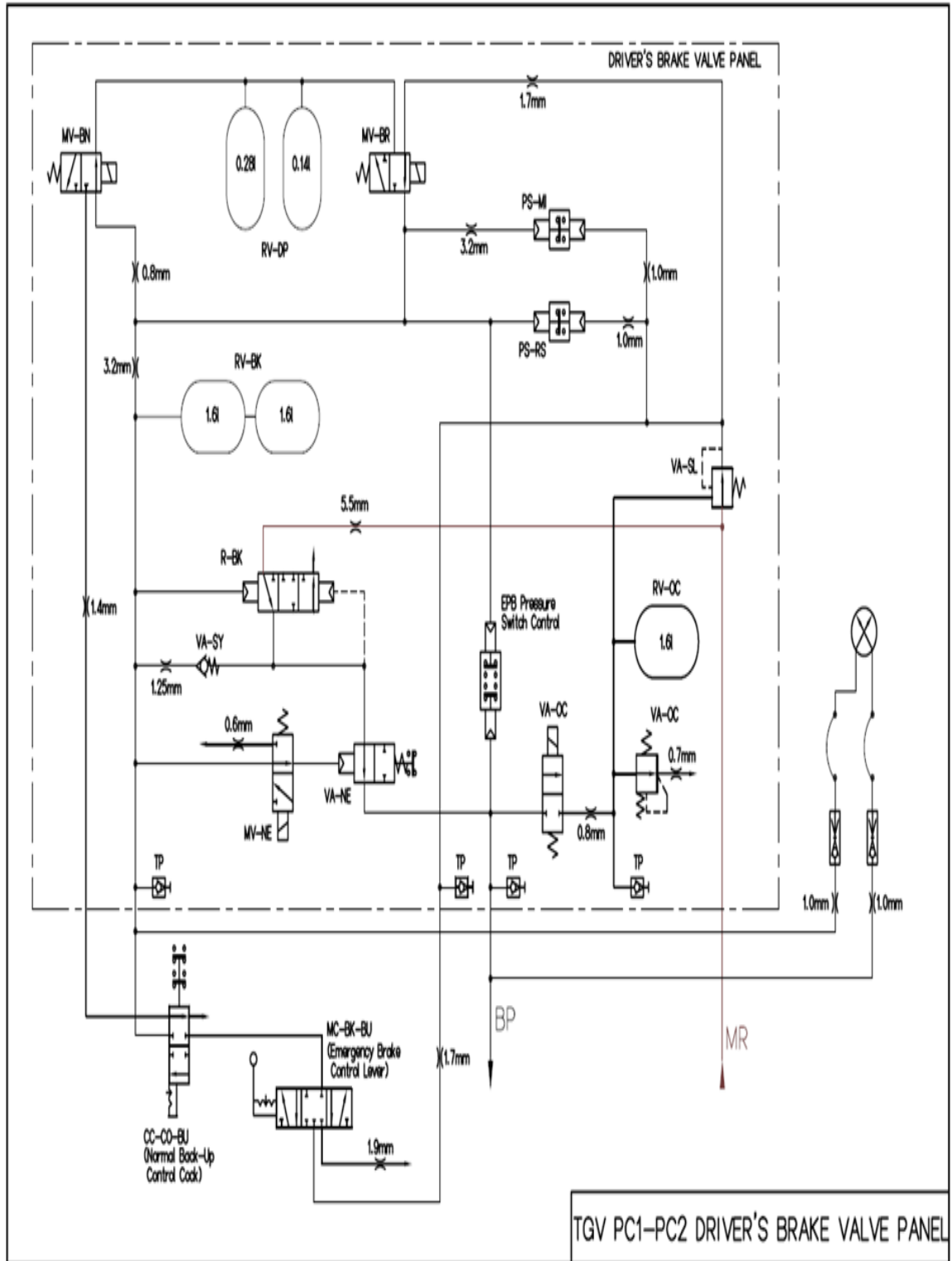
제동시스템의 각 패널별 블록다이어그램을 동력차용, 객차용, 운전자 제동패널 및 보조제동패널을 Figs. 31~34까지 도시하였다.



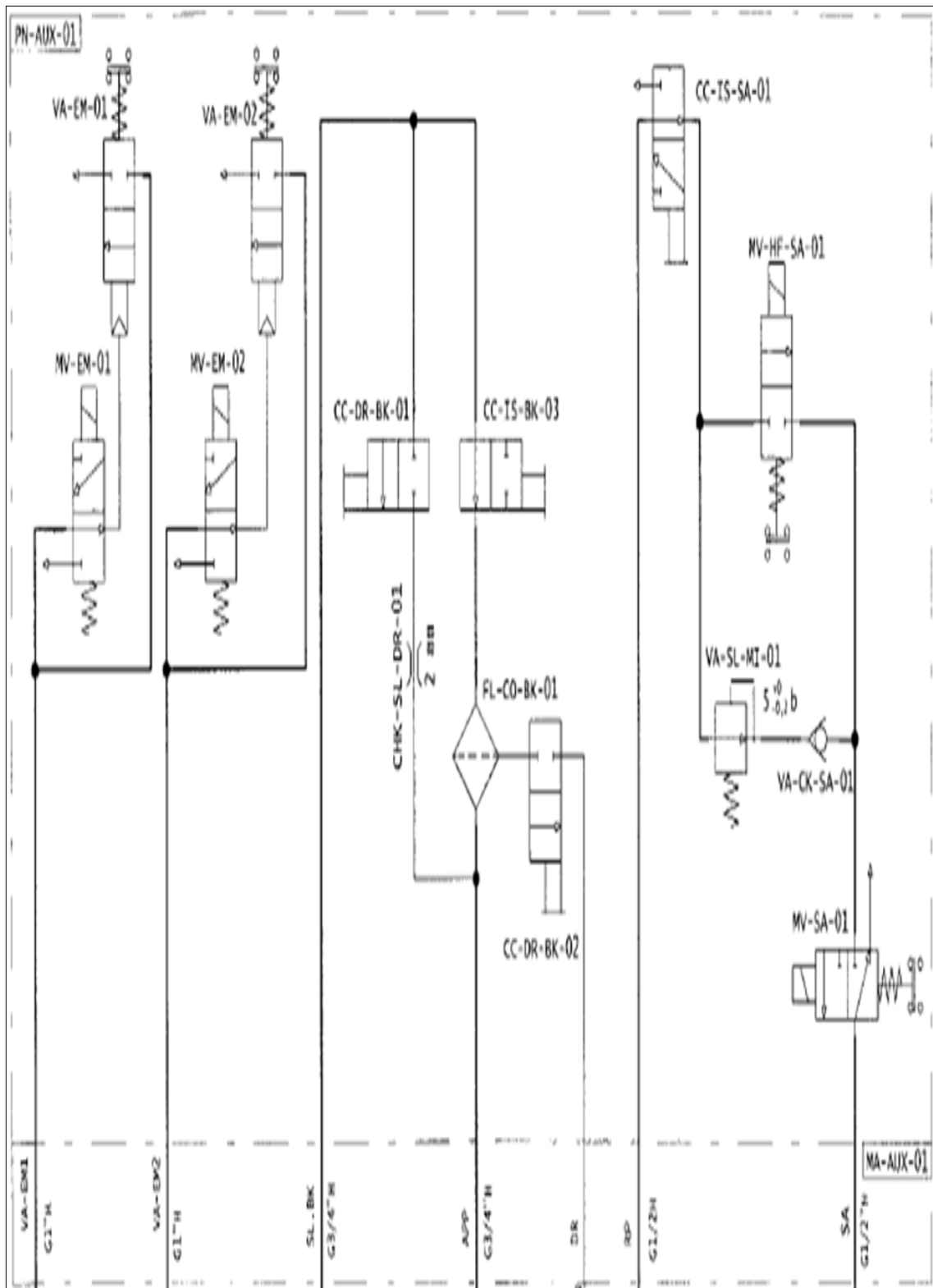
<Fig. 31 동력차용 제동 패널 블록 다이어그램>



<Fig. 32 객차용 제동 패널 블록 다이어그램>



< Fig. 33 운전사 제동 패널 블록 다이어그램 >



< Fig. 34 보조 제동 패널 블록 다이어그램 >

4.4 상세 개발품목 및 시제품 제작수량

추진방향에서 언급하였지만 형식시험 및 현차시험 시제품 제작의 추진은 1편성에서 객차대차패널 17조, 동력대차패널 6조, 기관사 제동패널, 공압보조패널이 각각 2조로 구성 되어 있으며 형식시험용 각 1조 현차 시험용으로 객차, 동력대차패널은 각각 2조, 기관사, 공압 보조패널은 각각 1조, 예비품 각 1조와 현가장치 및 기타품은 패널수량과 조를 이룰 수 있게 제작하고 역시 형식시험, 예비품은 확보되어야 할 것이다.

현차시험 수량은 현차에서의 검증을 위한 목적이므로 만약에 있을 개발품의 오류로 인한 차량운행이 지장을 미연에 방지하여야 하기 때문에 상기 수량으로 제작함이 적당하다고 판단된다.

(1) 객차대차 제동패널

품 명	개발 유무	시제품 제작수량	비 고
분배밸브 (Brake Control Distributor C3W)	유	4	
중계밸브 (Braking Output Relay)	유	4	
감압밸브 (Reduced Cock Panel Supply)	유	4	
EPB차단밸브 (EP Brake Cut-Off Cock Valve)	유	4	
중계밸브전자밸브 (BC Pressure Reg. Magnet Valve)	유	4	
이완 전자밸브 (EP Brake Release Magnet Valve)	유	4	ON 방식 (동일품)
제동전자밸브 (EP Brake Appl. Magnet Valve)	무	4	
테스트피팅 (Test Point)	유	20	
체크밸브 (Auxiliary Reservoir Check Valve)	유	4	
패 널 (Bogie Carrier's Brake Panel)	유	4	

(2) 동력대차 제동패널

품 명	개발 유무	시제품 제작수량	비 고
중계밸브 (Braking Output Relay)	무	4	객차동일
감압밸브 (Reduced Cock Panel Supply)	무	4	
체크밸브 (Aux. Reservoir Check Valve)	무	4	
테스트피팅 (Test Point)	무	20	
역조절전자밸브 (Brake's Control Moderable MV)	유	4	
활주방지밸브 (Anti Slide Valve)	유	4	
BP비상배출밸브 (BP Exhaust Valve)	유	4	
제동전환밸브 (Brake Switching Valve)	유	4	
패널배출밸브 (Panel Drain Valve)	유	4	
비상감지압력스위치 (Emergency Braking Pressure Switch)	유	4	
BP압력센서 (BP Pressure Monitoring Measurement)	유	4	
중계밸브전자밸브 (BC Pressure Reg. Magnet Valve)	유 (부분개발)	4	OFF 방식 (동일품)
혼합제동전자밸브 (Magnet Valve Switching Control)	무	4	
체크밸브 (Brake Pipe Check Valve)	유	4	
패널 (Motor's Bogie Brake Panel)	유	4	

(3) 기관사 제동패널

품 명	개발 유무	시제품 제작수량	비 고
제동제어전자밸브 (Application Control Magnet Valve)	무	3	객차, 동력차 동일
이완전자밸브 (Release Control Magnet Valve)	무	3	
과충기전자밸브 (Brake Overcharge Magnet Valve)	무	3	
중립전자밸브 (Neutral Magnet Valve Control)	무	3	
테스트피팅 (Test Point)	무	12	
메인중계밸브 (Braking Control Main Relay)	유	3	
파일럿감압밸브 (Driver's B/V Reduced Valve Supply)	유	3	
공기제동제어압력스위치 (Pneu-Brake Control Pressure Switch)	유	3	
BP리셋팅압력스위치 (Resetting Control Pressure Switch)	유	3	
BP자동충기압력스위치 (Inexhaustability Pressure Switch)	유	3	
중립밸브 (Driver's B/Valve Put Into Neutral)	유	3	
과충기배출밸브 (Overload Elimination Valve)	유	3	
체크밸브 (ER/BP Differential Check Valve)	유	3	
패널 (Driver's Brake Valve Panel)	유	3	

(4) 공압보조패널

품 명	개발 유무	시제품 제작수량	비 고
살사전자밸브 (Sanding Control Magnet Valve)	무	3	객차, 동력차 동일
대량살사전자밸브 (Large Sanding Output Magnet Valve)	무	3	
소량살사감압밸브 (Small Flow Sanding Reducing Valve)	무	3	
체크밸브 (Sanding Check Valve)	무	3	
비상정차배출밸브 (Emergency Stop Exhaust Valve)	무	3	
비상정차배출밸브 (Emergency Stop Exhaust Valve)	유	3	
제동변필터 (Driver's Brake Valve Filter)	유	3	
필터배출콕크 (Filter Drain Cock)	유	3	
제동변차단콕크 (Driver's B/Valve Cut-Off Cock)	유	3	
살사차단콕크 (Sanding Cut-Off Cock)	유	3	동일품
필터청소콕크 (Filter Cleaner Cock)	무	3	
비상제동전자밸브 (Emergency B/Control Magnet Valve)	유	3	동일품
비상제동전자밸브 (Emergency B/Control Magnet Valve)	무	3	
패널 (Pneumatic Auxiliary Panel)	유	3	

(5) 활주방지 패널(객차대차용)

품 명	개발 유무	시제품 제작수량	비 고
활주방지밸브 (Anti Slide Valve)	무	4	동력대차 동일
초크 (Choke)	유	16	가공품
활주방지 패널 & 커버 (Anti Slide Panel & Cover)	유	4	

(6) 객차대차 관련 개발품

품 명	개발 유무	시제품 제작수량	비 고
MR/BP 패널차단밸브 (MR/BP Double Cut-Off Cock)	유	4	
이중제동표시기 (Double Brake Indicator)	유	8	
제동클리퍼 (Brake Cliper)	유	22	

(7) 동력대차 관련 개발품

품 명	개발 유무	시제품 제작수량	비 고
MR/BP 패널차단밸브 (MR/BP Double Cut-Off Cock)	유	4	
제동이완 표시기 (Brake Release Appl. Indicator)	유	8	
주차제동보호밸브 (Parking Brake Protection Valve)	유	4	
주차제동실린더(RH) (Parking Brake Cylinder)	유	6	
주차제동실린더(LH) (Parking Brake Cylinder)	유 (부분개발)	6	

(8) 대차현가장치

품 명	개발 유무	시제품 제작수량	비 고
현가장치 차단콕크 (Suspension Cut-Off Cock)	유	6	
공기필터 (Air Filter)	유	10	
레벨링밸브 (Levelling Valve)	유	10	
높이제한밸브 (Range Limiting Valve)	유	10	
차압밸브 (Differential Valve)	유	4	
현가장치압력스위치 (Suspension Pressure Switch)	유	6	

4.5 개발품 검증

개발품의 검증을 위해서는 개발품의 성능을 정확하게 파악하여 시험절차서가 작성되어야 하고 이에 준하여 형식시험을 실시하여야 한다. 형식시험에서 합격한 개발품은 현차에 취부하여 먼저 정적(정치) 성능시험을 거쳐 현차 운행 성능시험을 실시하면서 주기적인 모니터링을 해야 하고 기록되어야 할 것이다.

또한 수행되는 문제점은 개발품에 반영되어 양산시에 완전한 개발품으로 상용화되어야 한다.

(1) 패널개발품의 검증

4종의 제동패널은 여러 구성품들이 조합되어 하나의 패널 유니트로 제작된다. 각 구성품들은 적합한 단품시험기에서 성능을 확인한 후에 패널에 조립하여 패널 유니트 성능시험을 실시해야 한다. 패널유니트 시험은 현차에서 제동패널 유니트에 적용되는 모든 조건을 수용할 수 있는 시험기에서 시험을 실시하여 검증되어야 한다. 따라서 현차에서의 조건에 부합되는 시험기의 제작이 필요하다.

아울러 패널 유니트는 철도차량 부품의 진동 시험방법(KS R9144) 2종에 준하여 시험을 실시한 후에 다시 성능시험에서 이상이 없어야 하며 -25℃ 조건(KTX 내한조건)의 내환경(온도)시험기에서 약 3시간(온도가 개발품에 충분히 흡수되는 시간) 방치 후에 성능시험을 실시했을 때 성능이 양호해야 한다.

제품규격서(제작사양서)에는 이러한 형식시험항목과 일상시험의 구분이 필요하며 통상적으로 일상시험(양산)은 치수와 성능위주의 시험으로 구분되며 개발과정에서 필히 검증이 필요한 진동, 내한 등의 시험은 형식시험에 포함하고 일상시험에서는 면제 항목으로 분리한다.

(2) 대차현가장치 구성품

현가장치에서 진동과 온도시험 항목에 포함되어야 할 구성품은 레벨링밸브(levelling valve), 높이제한밸브(range limiting valve), 차압밸브(differential valve), 현가장치압력스위치(suspension pressure switch)라고 판단된다.

(3) 주차제동실린더(parking brake cylinder)

주차제동실린더는 답면제동장치로서 상용제동(service brake)과 주차제동(parking brake)의 기능을 갖추고 있으며 또한 어떠한 이유로 주공기관이 파열과 같은 급격한 압력 강하가 일어날 때, 상용제동과 주차제동이 체결되면서 과제동력 발생을 방지하기 위하여 주차제동은 자체적으로 상쇄시킬 수 있는 메커니즘이 채택되어야 한다.

중, 저속철도차량과는 달리 고속철도차량의 과제동은 차량의 심각한 손상은 물론 탈선의 위험이 그만큼 높기 때문에 설계에서부터 검증에 이르기까지 면밀하게 검토 후 개발되어야 하며 성능시험과 철도차량 부품의 진동 시험방법(KS R9144) 5종에 준하여 시험과 내환경 시험(-25℃)을 실시하여야 한다.

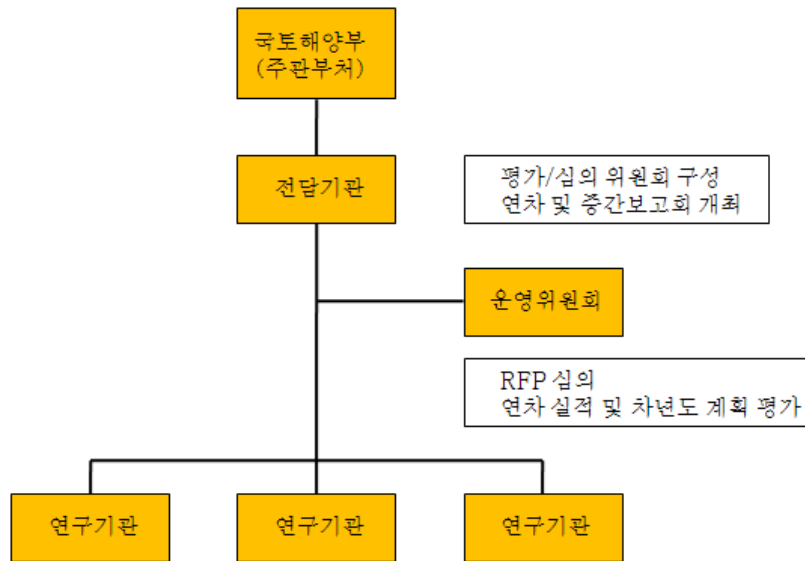
(4) 기타 구성품

기타 구성품에서의 진동과 온도시험에 포함해야 될 부품은 제동표시기라고 판단되며 이러한 형식시험을 하기 위해서는 기본적인 계측기는 물론 삼차원 측정기, 내환경시험기, 진동시험기가 구비되어야 하며 각 구성단품의 성능시험 검증을 위한 유니버설 시험기 제작이 필요하고 또한 패널유니트 검증을 위한 종합시험기가 제작되어야 한다.

4.6 연구추진체계 구성

(1) 기본 연구추진 체계

기본적으로 연구 추진체계는 Fig. 35에 도시한 것과 같은 고속철도 기술 개발의 추진체계 구성을 따르도록 한다. 따라서, 전체적인 사업의 정책 및 사업예산의 결정 등은 주관 부처인 국토해양부에서 통제하며 사업관리 및 평가 분야는 전담기관이 수행토록 한다. 또한, 전담기관은 사업관리의 효율성과 사업계획 및 결과보고에 대한 평가를 심의할 수 있는 외부 전문가로 구성된 운영위원회를 두어 사업 전반에 걸친 심의를 공정하게 수행할 수 있도록 한다.



<Fig. 35 연구추진체계 구성도 >

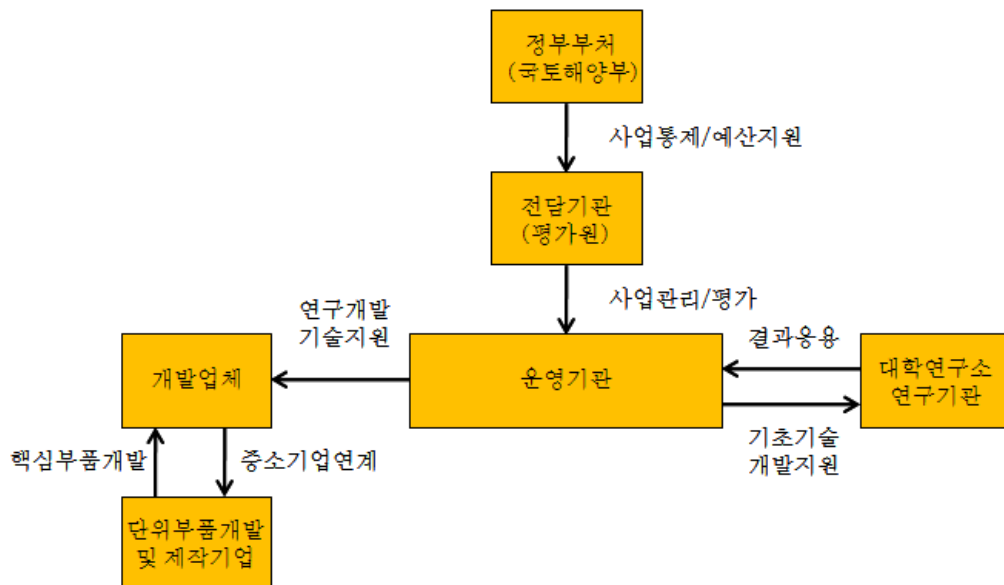
연구기관은 분야별로 최소한의 그룹으로 통합하여 수행토록 하며 과제성격에 따라 합당한 연구기관이 선정될 수 있도록 공모를 통하여 선정토록 한다. 또한, 보고 및 평가는 전담기관의 주관 하에 기본적으로 연차 보고회를 통한 운영위원회 평가를 통합 운영하도록 하며 초기년도를 제외하고 중간보고회를 개최토록 한다.

(2) 관련기관과의 연계성

본 사업에 참여하는 기관들은 G7 고속전철 기술개발사업과 고속철도기술 개발사업의 운영체계를 기본으로 하여 구성되며, 사업의 현실적 적용을 도모하기 위하여 실제 차량의 운영을 담당하고 있는 철도공사와 철도시설공단의 참여를 유도하도록 한다. (Fig. 36 참조)

정부 부처는 전담기관을 통하여 전체사업의 통제 및 예산 배분을 승인하며 운영기관을 통하여 실제 연구개발의 주체로 추진토록 한다. 운영기관은 개발업체와 연구 그룹을 리드하여 사업수행의 실무를 총괄하고, 시제품개발의 개발업체는 관련 장치 개발 전문 기업을 총괄하여 전체 산업계의 연구역량을 강화토록 한다. 또한, 각 연구소와 대학은 기초기술 위주의 기반기술을 개발하도록 하여 고속철도 관련 기술의 전문성을 강화하고 인력을 배양토록 한다.

본 사업에서는 운영에 필요한 기술들을 초기 설계 시부터 적용하고 시험 평가 검증을 완료하여 본 사업의 시제품이 실용화 단계를 최소화하여 적용될 수 있도록 한다.



< Fig. 36 관련기관과의 연계 협조 체제 >

4.7 연구수행 일정표

(1) 1차년도

연구내용	개월												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
자료수집	=====												
사용자 요구조건 분석	=====												
유지보수 관련			=====										
인터페이스 검토			=====										
검수종별 적절성 검토					=====								
기본설계, 상세설계							=====						
연차보고서 작성												=====	

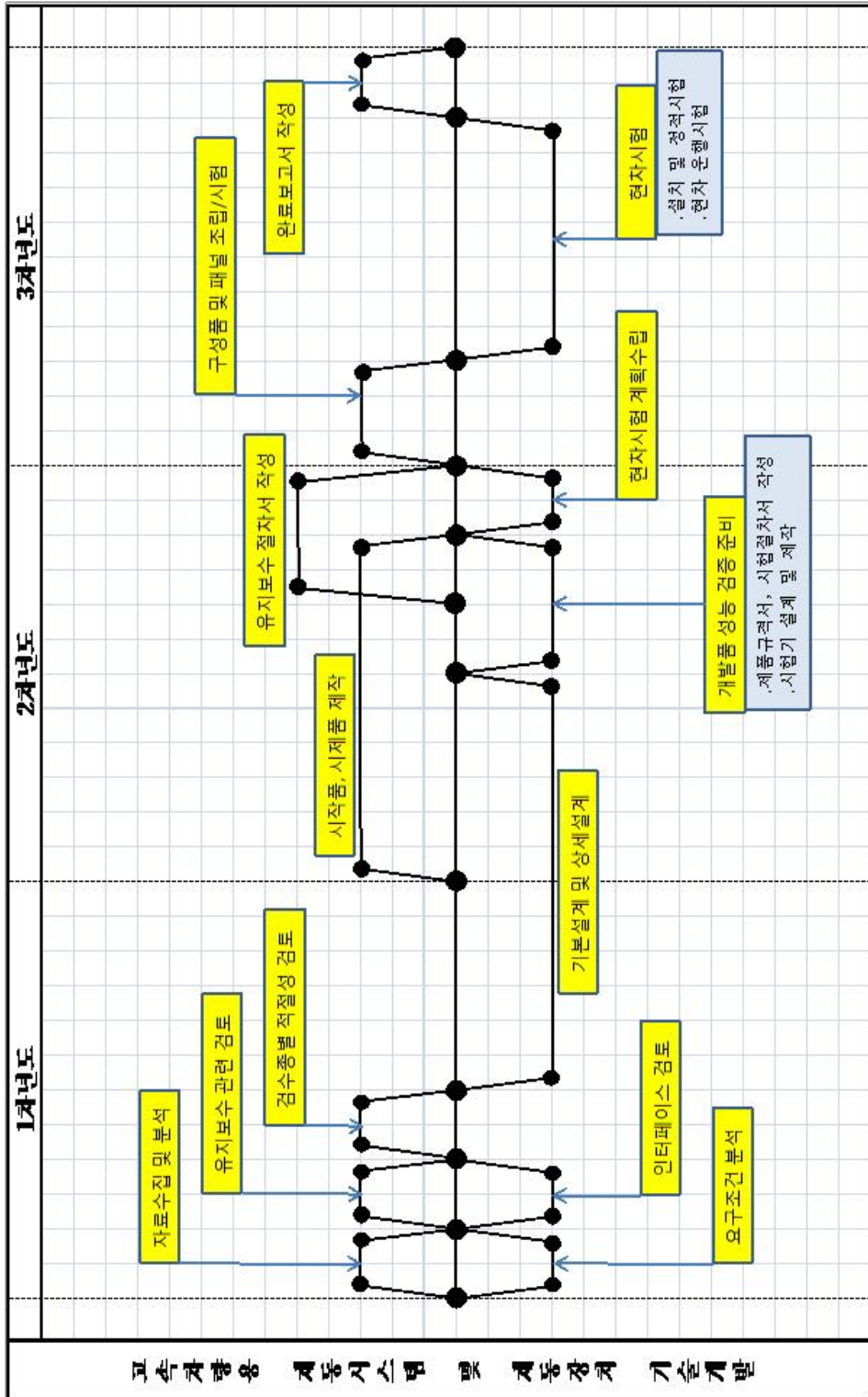
(2) 2차년도

연구내용	개월												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
기본설계, 상세설계	=====												
시작품, 시제품 제작	=====												
개발품 성능검증							=====						
유지보수 관리항목 절차서 작성									=====				
현차시험 계획 수립											=====		
연차보고서 작성												=====	

(3) 3차년도

연구내용	개월												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
개발품 조립, 시험	=====												
현차시험				=====									
연차/완료보고서 작성												=====	

(5) 연차별 계획



< Fig. 37 연차별 계획표 >

4.8 평가 착안점

(1) 1차년도

년도	세부연구목표	평가의 착안점 및 척도
1차 년도	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사용자 요구조건 분석 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 운용과정에서 발생한 유지보수 측면에서의 요구조건은 조사 되었는가? ▪ 운용과정에서 발생한 성능 측면에서의 요구조건은 조사 되었는가?
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1차년도 제동장치 기본설계 및 상세설계 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 개발품에 대한 목록은 작성되었는가? ▪ 제동장치 기본, 상세설계는 진행되었는가? ▪ 개발품에 대한 설계검토 자료(기존제품과 비교 및 호환성 수준 검토)는 작성되었는가?
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 각제품별 유지보수 항목 작성 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고속차량(KTX)에 적용될 개발 예정품목에 대한 유지보수 방안은 작성되었는가?
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 타 기기와의 인터페이스 검토서 작성 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 타 기기와의 인터페이스 검토서는 작성되었는가?
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 검수종별의 적절성 검토 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 검수종별에 대한 검토가 되었는가?

(2) 2차년도

년도	세부연구목표	평가의 착안점 및 척도
2차 년도	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 제동장치 기본, 상세설계 ▪ 시제품, 시제품 제작 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 제동장치 기본, 상세설계는 진행되었는가? ▪ 시제품, 시제품은 제작되었는가? ▪ 제품규격서, 시험절차서는 검토되었는가?
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 유지보수 항목 관리를 위한 절차서 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 개발품에 대한 유지보수 관련 검토서는 작성되었는가? ▪ 유지보수 방안에 대한 제안서는 작성되었는가?
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 개발품에 대한 성능검증 방안 제시. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 개발품에 대한 제품규격서, 시험절차서는 작성되었는가? ▪ 개발품에 대한 승인자료(규격서, 도면)는 제출되었는가?

(3) 3차년도

연도	세부연구목표	평가의 착안점 및 척도
3차 년도	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 조립/시험 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시작(제)품 제작을 통한 성능검증을 위한 설비와 시험기는 제작되었는가? ▪ 시작(제)품 제작을 통한 성능검증은 진행되었는가? ▪ 각 구성품 및 제동패널 조립에 대한 형식 및 은 진행되었는가?
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 현차 시험 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 현차 시험에 필요한 계측장비는 준비되었는가? ▪ 각 구성품 및 제동패널을 조립한 시험차량은 구축되었는가? ▪ 기지 정치시험은 진행되었는가? ▪ 시험차량에 대한 현차 성능시험은 진행되었는가?

5. 소요 인력 및 예산 분석

5.1 소요예상 인력 추정

차세대 고속철도 기술개발사업에 투입된 연구인력 현황을 참조하여 고속철도 운영효율화 기술개발 기획의 고속차량용 제동시스템 및 제동장치 기술개발과제에서 필요로 하는 소요인력을 산출하여 보면 다음과 같다.

5.1.1 연구내용별 투입 연구인력

(단위: Man-Year)

과제 연구내용	합 계
○ 제동시스템 및 제동장치 기술개발	65
- 제동시스템 분석 및 유지보수 관련 검토	15
- 제동장치 기술개발	35
- 시험 관련 설비개발 및 각종 시험	15

5.1.2 연차별 투입 연구인력

(단위: Man-Year)

과제 연구내용	1차 (‘09)	2차 (‘10)	3차 (‘11)	합계
○ 제동시스템 및 제동장치 기술개발	20	30	15	65

5.1.3 소요 연구인력 현황

본 연구개발 사업에 필요한 연구인력은 “5.1.1 연구내용별 투입 연구인력”에서 기술한 바와 같이 총 65 Man-Year정도가 필요하며, 연차별로는 “5.1.2 연차별 투입 연구인력”에서와 같이 1차년도 20 Man-Year, 2차년도 30 Man-Year, 3차년도 15 Man-Year 정도가 필요하다.

필요한 연구인원에 대해 분야별로는 제동장치 기술개발 특성으로 인하여 기계분야 약 90%(58명), 전기분야 약 10%(7명)가 될 것으로 예상된다.

5.2 소요예산 예산 산출

제동시스템 및 제동장치 기술개발과제의 주요한 연구개발은 제동장치의 설계 및 제작이며 이에 따른 각종 기술개발과 제동장치 유지보수기법 개발이 수행될 계획이다.

따라서 이에 소요되는 주요 예산은 우선 연구용 재료비(시작품 제작비, 연구기자재비 등)가 상당 부분 차지하게 되는데 이는 시작품을 제작하기 위한 목, 금형제작비가 고가이기 때문이며 또한 각종 시험기 제작도 포함하여 약 1,672,500천원 예산이 필요할 것으로 판단되며 시제품 재료비는 대차당 약 100,000천원으로 6대차분을 제작으로 기준할 때 약 600,000천원, 연구 직접 활동비(여비, 수용비, 기술정보 활동비 등)는 투입 인력 1인당 2,000천원이 소요 예상되어 130,000천원, 인건비는 기업기준으로 평균연봉 50,000천원 투입인원 65명, 참여율 약 35% 수준으로 예상하고 간접경비 역시 기업기준으로 약 10%(각 기관에 대한 간접경비는 기업의 경우 5~10%)를 적용한다면 약 1,270,000천원이므로 총 소요예산은 3,660,000천원이 예상된다.

주요 소요예산 내용	소요예산 판단(백만원)		
	산출내역	금액	비율
시제품 재료비	100,000/대차 × 6대차	600	16.4%
연구용 재료비	557,500/년 × 3년	1,672.5	45.7%
연구 직접 활동비	2,000/인 × 65/인	130	3.5%
인건비	50,000/인 × 65/인 × 35%(참여율)	1,137.5	31.1%
간접 경비	인건비 × 10%	120	3.3%
합 계		3,660	100.0%

5.2.1 총 연구 예산

□ 과제별 및 연차별 총 소요 예산

(단위: 백만원)

연구과제	1차 (‘09)	2차 (‘10)	3차 (‘11)	합 계
제동시스템 및 제동장치 기술개발	832	2,336	492	3,660

□ 과제별 및 연차별 정부 및 민간 분담금

- 정부출연금 : 2,745백만원

- 민간분담금 : 915백만원

(단위: 백만원)

연구과제별	1차(‘09)		2차(‘10)		3차(‘11)		합계	
	정부	민간	정부	민간	정부	민간	정부	민간
제동장치 시스템 및 제동장치 개발	624	208	1,752	584	369	123	2,745	915

연구개발비 내역								
연 도		정부 출연금	기업부담금			정부외 출연금	상대국 부담금	합계
			현 금	현 물	계			
1차년도	금액	624	20.8	187.2	208			832
	비율	75.0%	2.5%	22.5%	25.0%	-	-	100.0%
2차년도	금액	1,725	58.4	525.6	584			2,336
	비율	75.0%	2.5%	22.5%	25.0%	-	-	100.0%
3차년도	금액	369	12.3	110.7	123			492
	비율	75.0%	2.5%	22.5%	25.0%	-	-	100.0%
총계		2,745	91.5	823.5	915			3,660

5.2.3 년도별 소요예산

(1) 1차년도

<단위: 백만원>

번호	연구개발 내용	소요예산
1	자료수집	30
2	사용자 요구조건 분석	60
2	유지보수 관련 검토	40
3	인터페이스 검토	30
4	검수종별 적절성 검토	30
5	제동장치 기본설계 및 상세설계 -객차대차 제동패널 구성품 -공압보조패널 구성품	642
합 계		832

(2) 2차년도

<단위: 백만원>

번호	연구개발 내용	소요예산
1	1차년도 설계완료 구성품, 시작품 제작	1,000
2	제동장치 기본설계 및 상세설계 -동력대차 제동패널 구성품 -기관사 제동패널 구성품	450
3	2차년도 설계완료 구성품, 시작품 제작	700
4	개발품 성능 검증 시험기 설계 및 제작	186
합 계		2,336

(3) 3차년도

<단위: 백만원>

번호	연구개발 내용	소요예산
1	구성품 조립, 시험 패널유니트 조립, 시험	100
2	현차시험 관련 제반비용	372
3	기타 (완료보고서 등)	20
합 계		492

6. 연구결과의 활용방안 및 기대효과

6.1 연구결과의 활용방안

시험편성에 대한 개발 및 성능검증을 통하여 현재 운행되고 있는 46편성에 확대 적용할 수 있도록 하며, 일부 구성품은 기능검토를 통하여 전라선 고속전철(KTX-II)과 공용화 할 수 있는 방안을 모색한다.

6.2 기대효과

(1) 기술적 측면

본 기술개발을 통하여 고가, 장납기 외자품에 대한 국산화를 통하여 원가 절감 및 납기단축을 통하여 운용측면에서 효율성을 확보한다. 고속전철(KTX)에 적용된 제동장치에 대한 필수 요소기술 파악을 통하여 현재 운행되고 있는 유지보수 시스템을 국내 현실에 맞도록 현실화를 하고, 운용과정에서 발생한 요구조건을 반영하여 운용측면에서의 업무개선을 도모한다.

또한, 제동시스템에 대한 기술력 확보를 통하여 향후 진행되는 프로젝트에서 경쟁력 있는 제동시스템의 제안이 가능할 것으로 판단된다.

(2) 경제·산업적 측면

- 신규시장 확보를 통한 매출증대를 통하여 투자비용에 대한 회수 및 지속적인 시장확보가 가능할 것으로 판단된다. 고속철도 제동시스템의 기술력 확보는 지속적으로 증가하는 유지보수비용의 절감뿐만 아니라, 고유가로 인한 부품값의 상승과 기술 종속으로 인한 대량 외자유출을 방지할 수 있다.

• 개발품목 대비 수입부품 유지보수비용 산출

<Table 11 수입부품 유지보수 비용>

번호	품명	수입단가 (천원)	수량/편성	수량/46편성	비고
			금액(천원)	금액(천원)	
1	객차대차제동패널	18,000	17	782	
		(07년 기준)	306,000	14,076,000	
2	활주방지장치패널	(4,000)	17	782	
		(추정가)	68,000	3,128,000	
3	패널차단변	(2,000)	17	782	
		(추정가)	34,000	1,564,000	
4	이중제동표시기	2,100	34	1,564	
		(07년 기준)	35,700	3,284,400	
5	제동캘리퍼	(2,000)	136	6,256	
		(추정가)	272,000	12,512,000	
6	동력대차제동패널	19,500	6	276	
		(05년 기준)	117,000	5,382,000	
7	패널차단변	(2,000)	6	276	
		(추정가)	12,000	552,000	
8	제동표시기(싱글)	1,600	12	552	
		(07년 기준)	9,600	883,200	
9	주차제동보호벨브	(2,000)	6	276	
		(추정가)	12,000	552,000	
10	담면제동장치 (주차제동실린더)	11,500	24	1,104	
		(08년 기준)	276,000	12,696,000	
11	기관사제동패널	28,500	2	72	
		(07년 기준)	57,000	2,052,000	

12	공압보조패널	24,500	2	72	
		(07년 기준)	49,000	1,764,000	
13	현가장치차단콕크	(500)	19	874	
		(추정가)	950	437,000	
14	공기필터	(300)	38	1,748	
		(추정가)	11,400	524,400	
15	레벨링 밸브	1,200	38	1,748	
		(06년 기준)	45,600	2,097,600	
16	높이제한밸브	(2,000)	38	1,748	
		(추정가)	76,000	3,496,000	
17	차압밸브	(700)	19	874	
		(추정가)	13,300	611,800	
18	현가장치 압력스위치	(1,500)	19	874	
		(추정가)	28,500	1,311,000	
합 계		-	1,477,900	67,983,400	

(현재 수입되지 않은 부품은 추정하였음)

- 국산화 개발시 30% 정도 절감효과를 예상하면 1편성당 약44억 정도, 46편성에서는 약2,000억 정도 수입대체 효과가 추정된다.
유지보수품의 원활한 수급과 효율적인 운용은 물론 현재 수입가는 계속해서 상승하고 있으며 또한 고속차량의 증가를 감안하면 향후 그 경제적, 산업적 효과는 감히 예측할 수 있을 것이다.

【별첨 RFP】

연구과제명	고속차량(KTX)용 제동시스템 및 제동장치 기술개발				
1. 연구개발 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고속차량(KTX) 공기제동시스템 분석 및 기술 개발 ○ 고속차량(KTX) 공기제동부품 국산화 개발 ○ 국산화를 통하여 고속차량의 최적화 유지보수 방안 도출 ○ 국산화 개발품을 적용하여 유지보수비용 절감 및 효율적인 유지보수 실현 ○ 성능적 목표 <ul style="list-style-type: none"> (1) 동력대차 				
	구 분	BC 압력 (bar)	제동력/ BC (kN)	제동력/ 대차 (kN)	
	V<200 km/h	3.6	4.55	18.2	
	V>200 km/h	1.6	2.05	8.2	
	(2) 객차대차				
	구 분	BC 압력 (bar)	제동력/ BC (kN)	제동력/ 대차 (kN)	
	V<200 km/h	3.80	5.60	44.8	
	V>200 km/h	3.05	4.26	34.1	
2. 연구개발 필요성 및 기술동향					
□연구개발의 필요성	<ul style="list-style-type: none"> ○ 막대한 유지보수비용의 절감을 위해서 국산화 개발이 조속히 필요함. ○ 제동부품을 적기에 공급함으로써 신속한 유지보수를 가능하게 하고 원활한 차량의 운영을 통하여 고객의 안전을 확보함. ○ 고속차량 공기제동 기술 분석과 개발을 통하여 원천 선진기술을 습득하고 최적의 유지보수 방안을 도출하며 제동시스템 기술력 확보로 인한 경쟁력 				

있는 제동시스템의 제안이 가능함.

- 고속차량 공기제동시스템 기술인력의 확보로 개발업체 유지보수, 중정비 사업 참여 등 다각적인 기술력 활용이 가능함

□ 기술동향

- KTX 고속철도는 최고속도 300km/h에서 3,500m의 비상제동거리와 감속도 1.04m/s²의 제동성능이 요구되며, 동력대차는 전력회생 제동이 주로 사용되고 객차대차는 공압식 제동이 사용됨.
- KTX과 KTX-II의 제동시스템은 전기제동과 마찰제동방식은 유사하지만 제어 방식은 KTX는 공기지령식, KTX-II는 전기지령식으로 달리 채택하고 있음.
- 일본 및 유럽(프랑스, 독일)의 고속열차에서는 제동력을 상승시키기 위해서 전기+마찰+와전류 제동을 채택하고 있지만 최근에는 제동 내구성이 있는 제동디스크의 개발이 진행되고 있음.
- 유럽에서 독일은 DB의 Minden 시험소에 300km/h급 제동시험기 2대 등 실험장비를 보유하고 있고 제동시스템의 단위기술로는 BSI, BECORIT, JURID가 마찰재를 생산하고 있으며, KNORR(크노르)는 제동시스템 전문기업으로, KE형 모델을 개발하여 세계적인 독점적 기술을 확보하고 있음.
- 프랑스는 SNCF Vitry에 500 km/h급의 제동시험기를 독자 개발하여 연구 개발 및 품질인증하고 있으며, 사브와브코(SABWABCO), 카본로렌(Carbone Lorraine)이 고속철도에서 경량철도에 이르기까지 제동시스템 및 부품 기술을 확보하고 있음.

3. 연구개발내용

- 1차년도
 - 사용자 요구조건 및 제동장치 상세설계
 - 고속차량에 대한 제동장치 및 유지보수 자료 수집
 - 유지보수 및 성능측면에서 사용자 요구조건 분석
 - 유지보수 관련 기존제품과 개발품의 호환성 및 유지보수비용 검토
 - 타 기기 및 개선품과의 인터페이스 검토
 - 현재 운용되고 있는 검수종별 적절성 검토 및 개선방향 제시
 - 제동장치 기본설계 및 상세설계

- 2차년도
 - 구성품 및 시작품 제작과 개발품 성능검증
 - 1차년도 설계완료 구성품 및 시작품 제작
 - 제동장치 기본설계 및 상세설계
 - 2차년도 설계완료 구성품 및 시작품 제작
 - 제품규격서, 시험절차서 작성 및 개발품 성능검증
 - 개발품에 대한 유지보수 항목관리 절차서 작성
- 3차년도
 - 구성품 조립과 시험 및 현차시험
 - 구성품 조립 및 시험
 - 각 구성품 조립, 시험
 - 제동패널 조립, 시험
 - 현차시험
 - 현차시험 관련 계측장비 준비
 - 현차 취부 및 정차 시험
 - 현차 운행시험

4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
- 제동장치는 객차관련, 동력차관련, 기관사, 공압 보조, 현가장치부품을 유니트로 분류하여 개발 추진함.
 - 시작품 개발 후 시제품은 1편성에서 객차패널은 17조, 동력차패널은 6조가 구성되어 있으므로 각각 4유니트(형식시험용 1조, 현차시험용 2조, 예비품 1조)와 기관사패널, 공압보조패널은 1편성당 각2조가 구성되어 있어 각각 3유니트(형식시험용 1조, 현차시험용 2조, 예비품 1조)와 현가장치와 기타 구성품은 현차시험용 6대차 분량(패널과 조합)과 형식시험용, 예비품 각 1조 또는 2조 제작을 추진함.
 - 1차년도에는 현차조사, 유지보수 방안조사, 제동시스템 분석 및 기본설계, 부분적인 상세설계를 진행하여 1차년도 하반기에는 시작품 제작에 착수하며 2차년도에는 본격적으로 시제품, 시작품 제작을 진행하여 개발기간에 차질이 없도록 추진해야 한다. 또한 관련 문서는 상세설계 시 검토되어 2차년도 하반기에 종료하며 3차년도에는 조립 및 검증, 형식시험, 현차시험을 진행하여 과제를 원만히 완료할 수 있도록 추진되어야 함.

<input type="checkbox"/> 추진체계	<ul style="list-style-type: none"> ○ 일반과제로 추진함. ○ 핵심부품의 집중 연구를 위해서는 산, 학, 연의 다양한 연구인력이 참여하는 조직구성이 되어야 하며, 개발의 효율성 극대화와 실용화를 위해 운영기관의 참여가 바람직함.
5. 최종성과물	
<input type="checkbox"/> 주요 최종성과물	<ul style="list-style-type: none"> ○ 고속차량(KTX) 제동장치 국산화 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 객차대차제동패널, 동력대차제동패널, 기관사제동패널, 공압보조패널 등 ○ 고속차량(KTX) 제동장치 유지보수 매뉴얼 개발
6. 사업기간 및 소요예산	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 사업기간 : 2009. 7. ~ 2012. 6 (3년) <ul style="list-style-type: none"> - 1차년도 사업기간 : 2009. 7. ~ 2010. 6 (12개월) ○ 사업예산 <ul style="list-style-type: none"> - 당해 연도 사업비 : 정부 624백만원 - 총사업비 : 정부 2,745백만원 ※ 상기 예산은 정부예산 사정에 따라 조정될 수 있음.
7. 기 타	
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2차년도 이후 예산은 예산반영에 따라 변경 될 수 있음. ○ 성과목표(지표)별 달성목표치 및 가중치 등을 연구개발계획서에 제안하여야 하며, 이는 과제선정 후 해당 연구책임자(기관)에 대한 진도점검·관리 및 성과평가 등의 근거자료로 활용됨.

주 의 사 항

1. 본 보고서는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술 연구개발사업의 최종 연구보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 건설기술연구개발사업임을 밝혀야 합니다.
3. 국가보안 차원에서 필요하다고 인정되는 내용은 대외적으로 발표 및 공개하여서는 아니 됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

- 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031)381-6311
한국철도공사 TEL 042)609-3796

R&D / 08 미래철도 기획A01-1

고속철도차량용 제동시스템 및 제동장치 기술개발
기획연구 최종보고서

- 발행일 / 2008. 11. 7.
- 발행처 / 한국철도공사
대전시 서구 둔산동 920 정부대전청사 2동 1606호
TEL : 042-609-3796(대)
- 인쇄처 / 천호기획