트램 유압 제동 시스템 고찰

Study of Hydraulic Brake System for Tram

이동희*, 김철용*

Dong Hee Lee*, Cheol Young Kim*

Abstract The tram which running on the road surface is applied with different type of bogie. And in the view running mechanism, bogie for tram is quite different from conventional bogie with rigid wheel sets. The space for brake system installation is limited on this bogie and the application of the air brake system to be applied to general electric vehicles is impossible. The hydraulic brake system which is considered in order to satisfy such technical requirements are smaller size and relatively easy to install in small space. Therefore, this paper describes a study of hydraulic brake system which is applied in Turkey tram, to help the understanding of the concept of braking functions defined in the standard EN13452-1.

***Keywords* :** Tram, Hydraulic, Brake system

초 록 노면에 궤도를 부설하여 운행하는 트램 차량은 일반 전동차에 적용되는 윤축 대차와 전혀 다른 형태의 대차가 적용된다. 이러한 대차에 제동장치가 설치될 수 있는 공간은 한정되어 있으며, 일반 전동차에 적용되는 공기 제동장치의 적용이 불가능하다. 이러한 기술적 요구를 만족하기 위하여 고려된 유압 제동장치는 상대적으로 크기가 작아 작은 공간에서도 설치가 용이하다. 따라서 소형화된 유압 제동장치로 시스템을 구성하여 터키 상용 트램에 적용된 사례를 살펴보고, EN13452-1규격에 정의된 제동기능의 개념에 대한 이해를 돕고자 한다.

주요어 : 트램, 유압, 제동 시스템

1. 서 론

노면에 궤도를 부설하여 운행하는 트램 차량은 일반 전동차에 적용되는 윤축 대차와 전혀 다른 형태의 대차가 적용된다. 이러한 대차에 제동장치가 설치될 수 있는 공간은 한정되어 있으며, 일반 전동차에 적용되는 공기 제동장치의 적용이 불가능하다. 이러한 기술적 요구를 만족하기 위하여 고려된 유압 제동장치는 상대적으로 크기가 작아 작은 공간에서도 설치가 용이하다. 따라서 소형화된 유압 제동장치로 시스템을 구성하여 터키 상용 트램에 적용된 사례를 살펴보고, EN13452-1규격에 정의된 제동기능의 개념에 대한 이해를 돕고자 한다.

* 현대로템(주) 기술연구소 철차연구3팀 주임연구원

2. 본 론

2.1 트램 차량 기본 구성

트램 차량의 구성은 일반적으로 5개의 모듈로 이루어져 있으며, 운행 조건에 따라 3개 또는 7개 이상의 모듈로도 이루어진다. 터키의 안탈리아 시에서 운행중인 트램의 경우은 5개의 모듈로 이루어져 있으며, 아래와 같이 3종의 모듈로 구성되어 있다.

- A,B Module : Motor Module with Driver's Cab
- E Module : Intermediate Trailer Module
- C,D Module : Intermediate Module with Double leaf Door

이 중 대차가 적용된 모듈은 A,B 및 E 모듈이다. A, B모듈에는 Motor Bogie, E모듈에는 Trailer Bogie가 적용되어 있다.

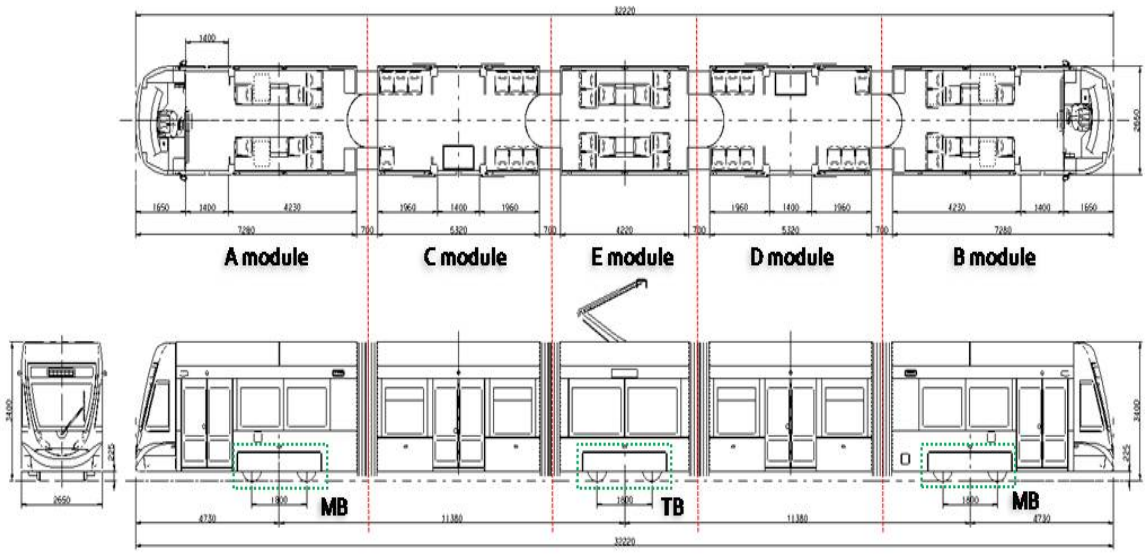

Fig. 1 트램의 차량 및 대차 구성

2.2 제동 시스템의 구성

트램에는 서로에게 독립적인 세가지 제동 시스템이 적용된다. 그 세가지 제동 시스템은 아래와 같다.

- Electro dynamic brake(ED)
- Electro hydraulic brake(EH)
- Electro magnetic track brake(MTB)

2.2.1 유압 제동 시스템

트램의 유압 제동 시스템은 Motor bogie에 적용된 Passive 타입의 유압 제동 장치와 Trailer bogie에 적용된 Active 타입의 유압 제동 장치로 구성되어 있다. 이 시스템은 활주 제어를 포함한 아날로그 제어 방식의 제동이 특징이다. 또한 모든 대차에 적용된 기계식 제동장치는 상용 제동, 비상 제동, 보안 제동, 안전 제동, 정차 제동 및 주차 제동에 사용된다.

2.2.2 제동장치의 구성 및 배치

트램에 적용된 주요 제동장치는 아래와 같이 구성되어 모듈별로 배치되어 있다.

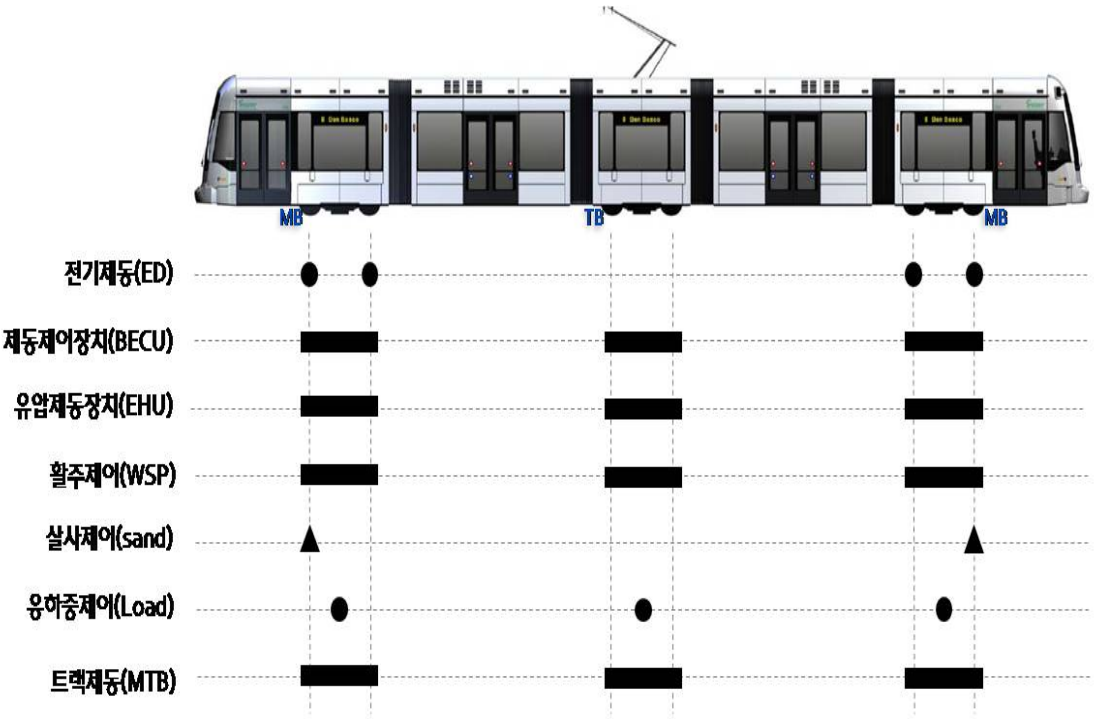

Fig. 2 주요 제동장치 구성 및 배치

2.3 트램 제동 사양 비교

2.3.1 제동 기능 정의

트램에 적용되는 제동 기능은 상용 제동, 비상 제동, 보안 제동, 정차 제동 및 주차 제동이며, EN13452-1 규격에 다음의 표와 같이 해당 제동에 대하여 사용되는 제동 장치가 정의되어 있다.

Table 1 Principal braking methods/braking system

	Dynamic brake	Friction brake	Wheel-slide protection	Load weighing	Sanding or equivalent	Magnetic track brake
Service	Yes	Option	Yes	Option	Option	No
Emergency 1	Yes	Option	Yes	Option	Option	Option
Emergency 2	Option	Yes	Option	Option	Option	Option
Emergency 3	Yes	Yes	Option	Option	Yes	Yes
Emergency 4	Yes	Yes	Option	Option	Yes	Yes
Security	No	Yes	Option	Option	Option	Option
Holding	No	Yes	No	Option	No	Option
Parking	No	Yes	No	Option	No	Option

이들 중 비상 제동은 다양한 방법에 의하여 제동이 체결되며, 체결되는 방법에 의하여 아래와 표와 같이 구분된다. 이때 각 방법에 따라 체결되는 비상 제동의 성능은 다를 필요가 없기 때문에, 특정 차량의 비상 제동 시스템을 정의 시 2 또는 그 이상의 방법을 그룹으로 묶는 것이 허용된다.

Table 2 체결 방법에 따른 비상제동 분류

	Principal Means of Initiation
Emergency 1:	Driver vigilance, or ATO
Emergency 2:	Passenger alarm
Emergency 3:	Driver, via dedicated position on brake controller, or ATP system
Emergency 4:	Authorized person via control separate from brake controller

2.3.2 제동 기능 별 사양 비교

터키 트램은 공고사양서 상 정의된 비상 제동 체결 방법에 따라 EN13452-1 규격의 Emergency 3과 4를 그룹으로 묶어 비상 제동으로 정의하여 적용하였다. 또한 안전 제동으로 정의된 제동 체결 방법에 따라 Emergency 1과 2를 그룹으로 묶어 적용하였다. 이때 각 제동 기능별 요구 성능과 사용되는 제동 장치를 아래와 같이 비교 정리하였다.

Table 3 제동 기능 별 사양 비교

제동기능	EN13452-1		터키 안탈리아 트램		체결 방법	비고
	요구 성능	제동 장치	요구 성능	제동 장치		
상용제동	1.2m/s^2	회생+활주제어 (옵션:유압+응하중제어+살사)	1.1m/s^2	회생+유압+ 활주제어+응하중제어+살사	주간 제어기 /FSB 신호	Service brake
비상제동	2.8m/s^2	회생+유압+트랙제동+살사 (옵션:활주제어+응하중제어)	2.8m/s^2	회생+유압+트랙제동+ 활주제어+응하중제어+살사	Deadman / 승객제동레버	Emergency brake 3&4
안전제동	1.2m/s^2	회생+유압+활주제어 (옵션:응하중제어 +트랩제동+살사)	1.3m/s^2	유압제동+활주제어+ 응하중제어+살사	ATS /주간제어기 /스위치	Emergency brake 1&2
보안제동	1m/s^2	유압 (옵션:트랙제동+활주제어 +응하중제어+살사)	1.3m/s^2	유압+트랙제동+살사	스위치	Security brake
주차제동	4%, AW0	마찰제동	6.0%, AW4	Motor Bogie 의 Passive Caliper	스위치/ 전원 OFF	Parking brake

3. 결 론

터키 안탈리아 트램은 공고사양에 의거 국제 규격에 따른 제동 기능을 정의 및 설계 진행하였다. 각각의 제동 기능들은 운행 노선에서 시험을 통해 성능 확인이 완료되었으며, 현재 현지에서 영업 운행을 진행 중이다. 향후 본 제동 시스템이 한국에서 운행하게 될 트램 차량의 설계에 활용 되기를 기대한다.