폐색방식에 따른 도시철도차량 운전기준에 관한 연구

A Study on the Driving Regulation of the Urban Railway Electric Multiple Units with Block Systems

전영석†, 안승호*, 정광우*, 김철수*, 정종덕**, 정낙교**
Y. S. Cheon, S. H. Ahn, K. W. Chung, C. S. Kim, J. D. Chung, N. K. Chung

ABSTRACT

Block system has been used to protect trains from occupying the same section of track at the same time so that only one train is permitted in each block at a time. Domestic driving regulations on the block system is divided into two classifications, such as regular block and substitute block. If it is impossible to use this regulation, the block applied method can be applied. However, domestic urban railway administrator has established his own operation rule within the regulation. Therefore, in order to assure continuous safety of train in operation, it is necessary to strengthen the regulation as can cope with the various block systems. In this study, domestic urban railway administration's own rules are examined and the appropriate driving regulation on the block system is proposed.

1. 서 론

도시철도 열차 운전에서 폐색방식은 동일 선로 상에서 연속적으로 열차가 주행할 때 열차간의 안전을 확보하기 위한 방법으로 오래전부터 사용되어 왔다. 이 방법은 정상적인 열차운행 뿐만 아니라 지연 및 비정상적인 경우에도 이의 대책을 필요로 한다. 이로부터 제시된 방법이 폐색방식(block system)으로서, 이는 동일 선로 상에서 연속적으로 열차가 주행할 때 열차간의 안전을 확보하기 위한 방법으로 오래전부터 철도에 사용하여 온 방식이다. 폐색방식은 크게 상용폐색방식과 대용폐색방식으로 구분된다. 상용폐색방식은 평상시 사용하는 폐색방식으로 가장 보안도가 높은 방식이며, 대용폐색방식은 신호기 또는 폐색장치고장 등으로 상용폐색방식을 사용할 수 없는 경우에 사용하는 방식이다. 그리고 예외적으로 폐색에 준용하는 열차 운전방법은 폐색준용법(또는 시계운전에 의한 방법)이 있으며, 이는 상용 또는 대용폐색방식을 사용할 수 없거나 특별한 사유가 있는 경우에 한하여 제한적으로 사용하는 방식이다. 이로부터 국내 도시철도법의 '도시철도운전규칙'에서 제시한 폐색방식은 상용/대용/기타(폐색준용)로 구분하고 있다.

한편, 국내 도시철도의 폐색방식별 운전방식은 다양한 철도환경 변화에 적응하도록 '도시철도운전규칙'의 범위 안에서 변형된 형식으로 자체적인 업무규정을 제정하고 있다. 따라서 승객안전 및 열차의 안전성을 확보하기위해서는 폐색방식들에 대한 행정 규제가 필요하다. 그러나 현재까지 국내에서는 이에 대한 심층적 연구를 진행하지 못한 실정이다.

본 연구에서는 '도시철도운전규칙'에서 제시한 폐색방식의 취지 및 개념을 체계적으로 살펴보고, 국내 도시철도운영기관별 자체적인 운전규정에 대한 문제점을 제시하고자 한다. 또한 현재의 철도기술에 맞도록 이에 대한 고려사항을 검토하고자 한다.

† 책임저자 : 정회원, 한국철도대학, 철도운전기전과, 조교수
E-mail : jysuk2115@hanmail.net
TEL : (031)460-4209 FAX : (031)462-2944
* 정회원, 한국철도대학, 교수
** 정회원, 한국철도기술연구원, 책임연구원

2. 본 문

2.1 국내 도시철도운전규칙의 폐색방식별 분류

도시철도운전규칙 '제5장 폐색방식'을 정리하면 표1과 같다. 표에서 보는 바와 같이 열차 운전의 폐색방식은 상시 사용하는 폐색방식을 상용폐색방식이라 하고, 폐색장치의 고장 기타의 사유로 상용폐색방식에 의할 수 없을 때 사용하는 폐색방식을 대용폐색방식이라고 규정하였다(제51조 1항). 동조 제2항에는 상용 또는 대용 폐색방식에 의할 수 없을 때에는 전령법에 의하거나 무폐색운전을 하도록 규정해 놓고 있다. 폐색방식의 우선순위는 상용폐색방식 우선의 원칙에 따라 상용폐색방식 > 대용폐색방식 > 폐색준용법 순이며, 대용폐색방식에서는 지령식 > 통신식 > 지도통신식 순서이다. 우선순위를 정한 기준은 도시철도차량운전에 있어서 안전 및 효율성을 고려하여 정한 것이다.

표 1 도시철도운전규칙의 폐색방식의 구분

구분	상용폐색방식	대용폐색방식	기타(폐색준용법)
복선 운전	자동폐색식 차내신호폐색식	지령식 통신식	전령법 무폐색운전
단선 운전	-	지령식 지도통신식	전령법 무폐색운전

국내 도시철도운영기관에서 제정/시행하고 있는 운전규정은 폐색방식에 대하여 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 그 하나는 도시철도운전규칙에서 정한 폐색방식 기준에 따른 것이고(A), 다른 하나는 도시철도운전규칙에서 규정과 달리 ATC에 의한 운전, 비상운전, 역간 통제운전 등 일정한 기준 없이 다양한 용어를 사용하고 있는(B) 것이다. A형식은 서울메트로, 서울도시철도공사, 부산교통공사, 대구지하철, 서울메트로9(안), 한국철도공사(광역철도)가 해당된다. B형식은 인천지하철, 인천공항철도, 대전도시철도, 광주도시철도가 이에 해당된다. 표 2는 B형식의 국내 도시철도운영기관의 폐색방식에 따른 운전방법을 정리한 것이다. 국내 도시철도운영기관의 폐색방식별 운전방식 중 B형은 운전방식에 대한 근거가 없으므로 도시철도운전규칙에서 정한 기준에 따라 규정을 개정하여야 할 것으로 판단된다.

표 2 국내 도시철도운영기관폐색방식에 따른 운전형식

구분	ATC에 의한 운전	비상 운전	관제사통제 운전	역간 통제 운전	무신호 운전	무폐색 운전	구원 운전	단선 운전
인천지하철	자동·수동·비상	○	-	○	○	-	○	○
인천공항철도	"	○	-	○	○	-	○	○
대전도시철도	"	○	-	○	○	-	○	○
광주도시철도	"	-	○	○	-	○	○	○

2.2 상용폐색 방식

상용폐색방식은 도시철도 열차 운전시 폐색장치에 의하여 열차의 안전운행을 확보 및 가장 효율적으로 열차를 운행할 수 있는 폐색방식이다. 상용폐색방식에 의한 도시철도운전은 대부분 자동폐색장치(ABS), 자동열차제어장치(ATC), 자동열차운전장치(ATO) 등 자동화시스템으로 이루어지며, 이러한 열차운전은 TTC(Total Traffic Control) 또는 OCC(Operational Control Center) 및 CTC(Centraliged Traffic Control) 장치에 의하여 제어 및 통제된다. 이 시스템들은 자동화/ 전산화로 인하여 열차 안전성 및 운행시격 단축,

인건비 절감 등의 효과가 있지만, 고장발생 등 자동운전의 실패시는 높은 열차운행 빈도와 최소한의 운영 인력만 배치된 점을 고려하면 혼란발생의 가능성이 높다. 즉, 이는 열차가 비정상적으로 운행할 경우에 운행 빈도와 이용객이 많기 때문에 연쇄지연발생과 같은 피해의 급속한 확산을 의미한다.

도시철도에서 상용폐색방식은 지상신호방식에 의한 자동폐색식과 차상신호방식에 의한 차내신호폐색식으로 구분된다.

2.2.1 자동폐색식

이 방식은 자동폐색장치(ABS : Automatic Block System)로부터 폐색 및 신호를 자동으로 이루어지는 폐색식이다. 자동폐색식은 지상신호방식에 사용하는 폐색식으로서, 자동으로 신호제어와 폐색을 이루지만, 열차제어는 기관사가 신호현시 조건에 따라 수동으로 제어하고, 출입문 취급과 여객 취급은 차장 또는 기관사(기관사 1인 승무의 경우)의 수동제어로 이루어지는 방식이다.

자동폐색식에서 열차의 운전취급은 기관사가 신호현시상태를 확인하고 신호기가 현시하는 조건에 따라 열차를 제어하는 수동운전방식으로 기관사에게 열차운전을 전적으로 의존하는 방식이다. 따라서 기관사의 실수나 실념 등으로 인한 사고발생 가능성이 있으므로 신호와 연동된 보조적인 안전장치인 열차자동정지(ATS : Automatic Train Stop)장치를 추가로 설치하여 인적오류에 의한 사고를 예방하고 있다.

2.2.2 차내신호폐색식

이는 ATC(Automatic Train Control) 또는 ATO 등을 이용하여 열차제어 또는 열차운전을 자동화하고 열차운행의 조건인 신호를 차상에 현시하는 방식이다. 여기서 ATC는 열차 운행 중 안전기능과 열차 보호기능을 수행하는 장치로서 열차의 현재속도를 지상에서 수신된 속도 코드와 비교하여 주행 속도가 지시속도보다 높을 경우 역행명령은 차단하고, 제동을 체결하여 안전을 확보한다. 그리고 ATC는 이중계의 기계적인 특성으로 구성되며 고장발생시 안전을 확보하기 위하여 Fail-Safe 개념으로 작동한다. ATC에 의한 자동운전이 불가능한 경우에는 수동운전이 가능하지만, 차내 신호 현시가 고장인 경우에는 대용폐색방식(지령식 또는 통신식, 단선운전 경우에는 지도통신식)에 의한 수동운전으로 열차를 운전한다. 따라서 현재 'B'형 운전지침을 따르는 도시철도운영기관은 규정내 "ATC에 의한 운전"을 도시철도운전규칙에 준하여 "상용폐색/차내신호폐색식"으로 수정하는 것을 올하다고 본다.

2.3 대용폐색방식

이는 폐색장치고장, 사고발생 등과 같이 상용폐색방식을 사용할 수 없는 경우에 대용으로 사용하는 운전방식이다. 이 경우 자동화된 폐색 및 운전취급을 사용할 수 없으므로 직접 사람에 의하여 수동으로 운전취급을 하게 된다. 대용폐색방식의 전제조건은 관제실 표시판과 통신장치의 사용가능 여부로서, 불가능한 경우에 대용폐색방식을 사용할 수 없으며, 시계운전에 의한 방법에 의하여 열차를 운전하여야한다. 도시철도에서 대용폐색방식은 복선운전을 할 수 있고 통신 및 표시판이 정상이면 지령식, 역간통신만 가능하면 통신식을 사용하며, 단선운전의 경우에는 지도통신식을 사용한다.

2.3.1 지령식

이 방식은 관제사가 직접 기관사에게 열차운전에 관한 사항을 지령하여 열차를 운전하는 대용폐색방식이다. 이의 전제조건은 관제실과 철도차량 운전자와의 열차무선통신이 가능하여야 하며, 궤도회로에 이상이 없어야하고, 종합열차제어장치(TTC) 표시반으로 열차의 점유상태 확인이 가능한 경우 관제사가 직접 철도차량운전자에게 열차운전을 지령하여 시행하는 것이다.

'B'형 운전지침에 의한 도시철도운영기관은 차내신호(ATC신호)방식을 사용할 수 없는 경우에 관제사가 기관사에게 지시하여 열차를 운전하는 방식으로서, 내부규정에서 "관제사 통제운전" 으로 정의하고 있다. 따라서 이는 도시철도운전규칙에 준하여 "대용폐색/지령식"으로 수정하는 것이 옳다고 본다.

2.3.2 통신식

이 방식은 폐색전용의 전화기를 설치하고 폐색구간 양쪽 정거장 운전취급책임자간에 통신에 의한 폐색취급을 하여 열차를 운전하는 대용폐색방식이다. 통신식은 대용폐색방식에 의한 열차운행시 궤도회로의 문제 또는 종합열차제어장치(TTC) 표시반으로 열차 점유상태 확인의 불가능한 경우, 관제사와 철도차량운전자 간 열차무선통신의 불가능하여 지령식을 시행할 수 없는 경우에 사용하는 열차운전방식이다. 통신식의 전제 조건은 복선운전이 가능하고, 이를 시행하고자 하는 양단 정거장 운전취급책임자 간에 폐색전용의 전화기가 설치되어 이로부터 통신을 이용한 폐색취급이 가능해야만 한다.

'B'형 운전지침을 따르는 도시철도운영기관은 ATC 신호방식 및 지령식을 사용할 수 없는 경우에 관제사의 지시에 따라 해당 역 운전취급자가 서로 협의하여 열차를 운행하는 방식으로서, "역간통제운전"이라고 정의하고 있다. 따라서 이는 도시철도운전규칙에 준하여 "대용폐색/통신식"으로 수정하는 것이 옳다고 본다.

2.3.2 지도통신식

지도통신식은 복선구간에서 사고발생 등으로 하나의 선로가 불통되어 상용폐색방식을 시행할 수 없는 경우 다른 하나의 선로를 이용하여 열차를 운전하고자 할 때 관제사의 승인에 의하여 양단 정거장이 협의하여 열차를 운행하는 방식이다. 통신식과 지도통신식의 차이점은 운전허가증의 발행 유무이다. 단선운전방식인 지도통신식은 열차정면충돌의 위험으로 폐색구간에 열차를 진입시키고자 할 때에는 운전허가증을 소지한 열차만 폐색구간 진입이 허용된다. 따라서 양단 운전취급책임자가 폐색전화기를 이용하여 정거장 상호간 협의하여 폐색취급 및 운전허가증을 발행한다.

'B'형 운전지침을 따르는 도시철도운영기관은 복선구간에서 선로 및 전차선로고장 또는 기타의 사유로 인하여 일시 단선 또는 반대선을 운전할 필요가 있을 때 관제사 지시에 의하여 해당역 운전취급자가 서로 협의하여 시행하는 방식을 "단선운전"방식으로 정의하고 있다. 따라서 이를 도시철도운전규칙의 규정에 따라 '대용폐색/지도통신식"으로 수정하는 것이 옳다고 본다.

2.4 시계운전

이는 신호기 또는 통신장치의 고장 등으로 상용 또는 대용 폐색방식을 사용할 수 없는 경우에 한하여 폐색방식에 준용하여 열차운전을 시행하는 방식이다. 시계운전방식에 따른 열차운전은 안전확보가 전제되지 않은 상태이므로 전도의 위험을 예상하고 가시거리 범위 내에서 정차가 가능한 속도로 제한하게 된다. 현재 도시철도운전규칙 51조(폐색방식의 구분)에서 상용폐색방식과 대용폐색방식 외에 동조 제2항에 전령법과 무폐색운전에 대하여 규정하고 있으나, 제2항과 관련하여 제4절 전령법만을 규정하고 있고, 무폐색운전에 대한 규정은 없으므로 이에 대한 조항 신설이 필요하다. 따라서 도시철도 운전규칙 제5장 "제4절 전령법"은 제4절 "폐색준용법" 또는 "시계운전에 의한 방법"으로 하고 제60조를 신설하여 무폐색운전에 대한 규정을 신설하는 것이 필요하다.

2.4.1 전령법

이 방식은 정거장과 정거장 간에서 열차가 고장발생 등으로 전도운전이 불가능한 경우 이를 회수하기 위하여 다른 열차(구원열차)를 운전할 때 사용하는 방법이다. 이 경우 폐색구간 도중에 고장 열차가 존재하므로 상용 또는 대용 폐색방식을 사용할 수가 없게 된다. 이의 시행은 단선운전 가능성과 지장열차가 있는 구간에 구원열차를 운전하는 관계로 운전허가증의 일종인 전령자를 선정/승차시켜야 열차운전이 가능하다. 전령자는 운전허가증으로서의 역할과 현장에서 구원열차를 유도하여 고장열차에 연결하는 유도기능과 연결된 차량의 연결기와 제동 및 전기연결선을 연결하고, 정거장-현장 및 현장-정거장까지 열차를 회수하는 동안 기관사 업무를 보조하는 역할을 담당한다.

'B'형 운전지침을 따르는 도시철도운영기관은 "전령법"과 달리 "구원운전"이라는 유사방식을 사용한다. 이들의 차이점은 운전허가증 및 차량 유도의 업무를 담당하는 전령자를 승차하지 않는 것이다. 구원

운전은 전령자 탑승 없이 기관사에게 그 업무를 모두 전담시키는 방법으로 사고발생 등 문제 발생 가능성이 높으므로 부득이한 경우를 외에는 시행에 신중을 기해야할 사항이다. 따라서 구원운전 방법은 도시철도운전규칙의 "전령법"으로 통일하여 전령자 승차를 의무화하거나 규칙에 별도의 방법을 규정하는 등 안전대비책이 마련되어야 할 것으로 판단된다.

2.4.2 무폐색운전

이는 상용폐색방식에 의하여 열차운전 중 신호기 고장 또는 정지신호가 현시되었을 경우에 관제사의 지시에 의하여 정지신호구간 또는 신호가 현시되어 있지 않은 구간에 열차를 진입시키고자 할 때 사용하는 방법이다. 무폐색운전은 정지신호 구간 진입금지의 원칙 및 최대제한의 원칙을 침해하여 기관사의 주의력에 의존한 열차운전방법이므로 별도의 대비책 마련이 필요한 운전방법이다. 현재 도시철도운전규칙 제51조(폐색방식의 구분) 제2항에 "상용 및 대용폐색방식에 의할 수 없을 때에는 전령법에 의하거나 무폐색운전을 한다"라고 규정하고 있다. 그러나 무폐색운전에 대한 별도의 조항이 규정되어 있지 않다. 따라서 표 3과 같이 도시철도운전규칙에 이에 대한 조항을 신설하는 것이 필요하다고 본다.

표 3 도시철도운전규칙의 무폐색 운전관련 제58조 및 제59조 개정 신·구 조문 대비

현 행	개 정(안)
규정조항 없음	제5절 무폐색운전 제60조(무폐색운전)상용폐색방식에 의하여 열차운전 중 신호기 고장 또는 정지신호가 현시 되었을 경우에는 관제사의 지시에 의하여 무폐색운전으로 그 구간을 진입할 수 있다.

2.5 기타 폐색방식

2.5.1 무신호 운전

무신호 운전방식은 열차가 역간을 운행 중 ATC 고장 등으로 정차되었으나 열차의 기관사와 관제실간의 통신이 불가능하여 관제사의 지시를 받을 수 없는 경우 기관사의 주의력에 의존하여 최근정거장까지 열차를 운행하는 방법이다. 이를 사용하는 운영기관은 인천광역시 지하철, 인천공항철도, 대전광역시 도시철도이다. 이 무신호 운전은 도시철도운전규칙에서 규정하고 있는 무폐색운전과 하등 다를 바가 없다.

따라서 이를 도시철도운전규칙의 규정에 따라 "무폐색운전"으로 통일하는 것이 옳다고 본다.

3. 결 론

본 연구에서는 '도시철도운전규칙'에서 제시한 폐색방식의 취지 및 개념을 체계적으로 살펴보고, 국내 도시철도운영기관별 자체적인 운전규정에 대한 문제점을 제시하였다. 앞에서 살펴본 바와 같이'B'형 운전지침을 따르는 도시철도운영기관은 도시철도운전규칙에서 정한 분류기준에 따르는데 아무런 문제가 없다고 판단된다. 따라서 국내 도시철도운영기관의 자체 운전규정의 폐색방식에 따른 분류 중 B방식의 폐색방식별 분류기준은 표 4와 같이 도시철도운전규칙의 분류기준에 따르는 것이 옳다고 보며, 규칙의 미비된 부분은 조항의 신설 또는 보완이 필요하다고 판단된다.

구분	ATC에 의한 운전	비상운전	관제사통제운전	역간통제운전	무신호운전	무폐색운전	구원운전	단선운전
도철운 규기준	상용/차내 신호폐색	대용/ 지령식	대용/ 지령식	대용/ 통신식	무폐색 운전	무폐색운전	전령법	지도통신식

후 기

본 연구는 “도시철도표준화 2단계 연구개발사업”의 일환으로 국토해양부의 연구지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. 철도안전관련법령집, “도시철도운전규칙”, 노해출판사, 2009. pp.517-528
2. 철도안전관련법령집, “철도차량운전규칙”, 노해출판사, 2009. pp.197-214
3. 건설교통부·교통안전공단 홈페이지 e-book “열차운전 및 관제이론 일반”
4. 국내 각 도시철도운영기관, “운전규정”