

# 도시철도 신호체계에 따른 폐색규정방식 상호비교



**박정수**  
동양대학교 교수  
T.010.2765.3169  
pajs65@empas.com



**이상오**  
서울9호선 운영(주)과장  
T.010.7134.7749  
Iso5678910@hanmal.net

도시철도 열차 운전에서 폐색방식이란 열차와의 충돌과 추돌을 방지하기 위한 안전시스템으로 어느 일정 구간 내에서 하나의 열차만 운행하는 방식을 의미한다. 이것은 동일 선로 상에서 연속적으로 열차가 주행할 때 열차간의 안전을 확보하기 위한 방법으로 오래 전부터 사용되어 왔다. 어느 노선의 어느 구간에서 달리는 열차를 1편성만 허용한다고 하는 운영시스템을 폐색방식이라고 하고 나누어진 구간을 폐색구간이라고 한다. 도시철도운전규칙은 상용 및 대용폐색방식으로 구분하고, 이를 사용할 수 없는 경우 기타운전방식으로 정하고 있다. 현행 서울 도시철도 운영기관인 서울메트로, 서울도시철도, 메트로9호선, 부산교통공사, 대구지하철, 한국철도공사(광역철도) 운영기관의 폐색방식규정은 도시철도 운전규칙에 의거하여 운영하고 있다. 반면 지방 도시철도 인천교통공사, 공항철도, 대전도시철도, 광주도시철도 등은 도시철도 운전규칙과 상이한 규정폐색방식 용어로 운영하고 있다. 한편, 2000년대 이후 대두되고 있는 무인운전 즉 열차 최전부에 기관사가 승무하지 않고 시스템 및 관제사의 감시하에 자동적으

로 열차를 운전하는 도시철도 운영기관이 늘어나고 있다. 무인운전 방식의 운영기관에는 신분당선, 김해경전철, 의정부 경전철, 용인경전철 등이 있다. 무인운전방식으로 운영하고 있는 운영기관 중에서도 각 운영기관마다의 상이한 규정폐색방식 용어를 적용하여 사용하고 있다. 철도차량운전규칙에 의하면 도시철도 열차간의 안전확보는 다음 중 하나의 방법으로 운전을 해야 한다. 폐색에 의한 방법, 자동열차제어장치에 의한 방법, 시계운전에 의한 방법 세 가지이다. 폐색의 의한 방법과 현재 신호장치체제운행을 근거로 도시철도 운영기관의 폐색방식규정에 대하여 논하고자 한다.

## 1. 도시철도 신호체제 및 폐색방식

### 1.1 폐색의 정의 및 구간

폐색이라 함은 선로의 일정구간에 2이상의 열차를 동시에 운전시키지 아니하는 것을 말한다. 일정한 구간에 2이

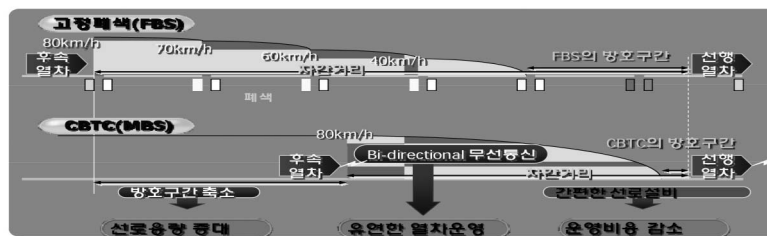


Fig 1. 신호시스템구성 및 형태

상의 열차를 동시에 운전시키지 아니하기 위하여 정한 구역을 폐색구간이라 한다.

## 2. 도시철도 신호제어 측면에서의 폐색방식 비교

### 2-1. 고정폐색방식

#### 1) 속도코드 식(Fixed Signaling)

선행열차에 대한 후속열차의 감속 및 제동은 지상에서 수신된 고정속도코드에 따라 제동 곡 선이 계단형태로 열차가 제어된다(다단계 제동) 열차속도, 열차위치, 열차 종별에 관계없이 고정된 폐색구간 길이에 의하여 선행열차와 후속열차의 간격이 확보하게 되면 운전시간은 거의 폐색구간 장에 의하여 결정된다. 선행열차의 위치와 관련 전방 폐색구간에 있는 열차는 무조건 정지해 있는 것으로 판단하고 이를 기준으로 후속열차는 충돌방지 등 안전을 위해 단계적으로 속도를 줄인다.

#### 2) 차상제어연산방식(Distance-To-Go)

선행열차에 대한 후속열차의 감속 및 제동은 지상의 디지털 정보를 수신(Digital ATC)하여 차상의 컴퓨터장치에서 계산된 제동곡선에 따라 열차가 제어된다(1단계 제동). 즉 궤도회로 내에서 다시 더욱 정밀한 위치를 검지하는 방식이다. 이 정밀 위치를 검지하기 위하여 열차는 속도거리계와 레이더 속도계를 사용하여 측정된 자료와 열차 내의 자료와 비교하여 정확한 위치를 검지한다.



### 2-2. 이동폐색방식

#### 1) Moving Block System (MBS)

이동폐색방식의 주 제어방식인 CBTC(Communication Based Train Control)는 궤도회로를 사용하지 않고 열차를 검지한다. 선로변에는 지상과 차상간 통신을 위한 통신장치(Inductive loop장치, ATP장치) 설치되어 있다. MBS(이동폐색 시스템)에서의 열차간 최소 이격거리는 선행열차로부터의 최대운행속도, 제동곡선 및 선로상의 열차의 위치를 기반으로 실시간으로 계산된다. 선행열차에 대한 후속열차의 감속 및 제동은 차상 컴퓨터와 지상컴퓨터간의 디지털 정보를 송수신하여 차상의 컴퓨터장치에서 계산된 제동곡선에 따라 열차가 제어된다.

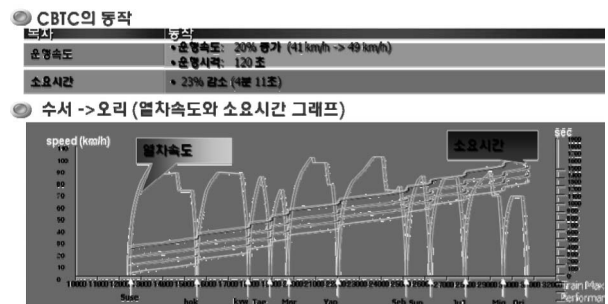


Fig 2. CBTC 동작적용 시뮬레이션 예시

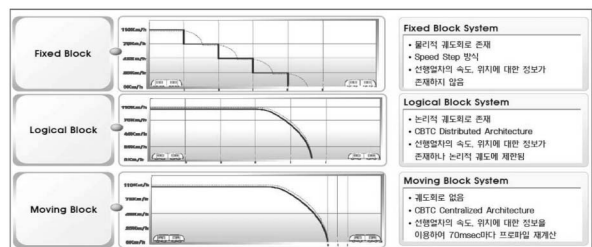


Fig 3. 폐색방식의 비교

## 3. 도시철도 신호장치 발전 및 기술현황

### 3-1. 도시철도 신호장치 발전개요

우리나라에서는 1899년 9월18일 경인선 노량진~계곡

포간의 철도가 개통되면서 완목식 신호기와 통Table폐색식을 사용하기 시작한 이래 1942년 영등포~대전간 자동폐색신호기 설치되었고, 1974년 8월15일 1호선 수원~청량리간의 도시철도 개통 이후 자동폐색장치에 근거한 자동열차제어장치 사용을 비롯하여 1980년대 이후 ATP 차상장치를 모태로 하는 ATC/ATO장치가 상용화 되었다. 2000년 대 이후 고정폐색방식의 한 단계 업그레이드 된 차상연산제어방식(DTG)과 2010년 대 이후 크게 대두되고 있는 무인운전을 기초로 한 이동폐색방식 순으로 도시철도 신호장치는 발전하였다.

Table1. 신호장치의 역사

1825	영국 스티븐선 기마수 적색기
1841	완목식 신호기
1872	윌리엄 로빈슨 궤도회로
1907	연동 폐색 사용
1968	열차집중제어 장치 CTC 망우
1974	1호선 TTC, ATS
1982	3.4호선 ATC
1995	1995 5.6.7.8호선 ATO

#### 4. 도시철도 운영기관 별 신호 및 폐색방식 상호비교연구 소개

##### 4-1. 도시철도 운영기관 별 상호비교 연구 소개

##### 4-2. 도시철도 운영 기관 폐색규정방식 비교논제

3개 표에서 제각기 도시철도 운영기관들은 유사하거나 상이한 신호시스템을 가지고 운영하고 있다. 도시철도 운영기관마다 기관사나 안전요원의 주의력과 관계사의 수동개입의 확률이 정량적으로 얼마나 차이가 있는나에 따라 안전한 폐색방식규정 확립결정에 영향을 끼친다. 도시철도라는 고밀도 운전과 중량전철의 성질을 가지고 폐색의 정의라는 견지에서는 비록 다양한 신호제어시스템 및 폐색방식용어를 혼재운용 한다 할지라도 근본적인 의미상의 폐색방식규정 내용의 상이함은 크게 발견되지 못한다. 서울도시철도 운영기관의 폐색방식규정은 도시철도운전 및 도시철도차량규칙에 의거하여 작성, 운영하고 있는 반면 지방도시철도의 경우 지령식을 비상운전, 통신식을 역간 통제운전, 단선운전구간의 지도통신식을 단선운전, 무폐색운전을 무신호운전, 전령법을 구원운전 등으로 대응하고 있다. 여기서 지방도시철도 운영기관이 간과하고 있는 규정 중에 하나는 전령법을 구원운전으로 의미를 협소화 시킨 점이다. 일반철도의 전령법의 용도는 보다 다양한 것으로 구현되며, 특히 관계사는 화물열차, 시운전반입, 특수차량 등을 운전하여 통제하는 경우에 흔히 전령법을 적용하고 있다. 도시철도의 경우에도 굳이 차량2대 이상을 연결하여 운전하는 구원운전만이 아니라도 차량고장 시에 고장차량의 자력운전을 필요로 하는 경우에도 전령법의 용도는 증명이 된다. 즉 단독운전을 수행하는 기관사의

Table 2. 지방도시철도 운영기관 신호폐색현황

구분	차내 신호방식	지상신호방식	비상운전	관제사 통제운전	역간 통제운전	무신호운전	무폐색 운전	전령법	구원 운전
인천교통공사	ATO/ATP	차상연산 제어방식	○	x	○	○	x	x	○
공항철도	ATO/ATP	차상연산 제어방식	○	x	○	○	x	x	○
대전도철	ATO/ATP	차상연산 제어방식	○	x	○	○	x	x	○
광주도철	ATO/ATP	차상연산 제어방식	x	○	○	x	○	x	○

Table 3. 폐색규정 현황

폐색 이론	폐색 방식	폐색장치		자동열차 제어장치에 의한 방법 (신호보안장치)	약어	시계에 의한 운전
		서울 도시철도 운영타입, 김해경전철	지방도시철도 운영타입, 신분당선 등			
시간 간격법	상용 폐색 방식	통Table폐색장치(거의 철거)	x	x		x
		연동폐색장치(ABS교체)	x	x		x
		자동폐색장치(ABS)	자동폐색장치(ABS)	지상제어식(ATS)	FB	x
		차내신호폐색장치(ATP)	차내신호폐색장치(ATP)	1단 제동제어식 (ATC/ATO)	FB	x
				차상제어식 (ATC/ATO)	DTG	x
			무선제어방식	CBTC	x	
	대용 폐색 방식	지령식	지령식/비상운전	x		○
		통신식(김해(경)없음)	역간통제운전	x		○
		지도통신식(김해(경)없음)	단선운전/서틀운전	x		○
	폐색 준용법	격시법(철도공사)	x	x		○
지도격시법(철도공사)		x	x		○	
공간 간격법	무폐색운전	무신호운전	x		○	
	전령법	구원운전	x		○	

후부 운전실에서의 추진운전을 감행하는 경우 반드시 전 부운전실에는 전도 주시와 비상시 비상정차를 할 수 있는 전령자를 승차시켜야 한다. 하지만 지방도시철도 경우에는 전령법이라는 폐색용어를 없애고 구원운전 만으로 폐 색준용법의 의미를 축소화 시켜버려 전자의 경우 등에는 어떤 규정도 적용되지 못하는 사각지대를 만들어 냈다.

## 5. 무인운전방식에 따른 다각적 측면의 폐색 방식 시사점

### 5-1. 인력운영적 측면

무인운전을 통제하는 관제센터에서는 상용폐색방식의 운영에 있어서 기존 유인운전을 통제하는 방식과는 크게 다른 점은 직접적으로 모든 면에서 열차운행에 관제사가 수동개입을 통하여 열차를 통제하는 것이다. 대용폐색방 식 및 폐색준용법은 여러 상황을 고려한 현장 출동 및 통제 가 필요하다.

### 5-1-1. 지령식

유인운전방식에 있어서 지령식은 관제사와 기관사간의 즉각적인 열차무선을 통한 운전방식이 자연스럽게 성립된 다. 하지만 무인운전방식에서의 지령식은 우선적으로 승 차하고 있지 않는 열차의 안전요원을 승차지시를 하고 난 후에야 이루어 질 수 있는 상황이 연출된다. 그러므로 상당 시간이 경과되어서야 지령식이 시행되는 조건인 것이다.

### 5-1-2. 통신식(역간 통제운전)

유인운전방식에서는 각 역에 상주하고 있는 역무원이 인접 역과의 긴밀한 연락이 이루어지는 조건하에서 해당 구간 내 기관사와의 연락소통을 통한 운전방식이 이루어 진다. 물론 관제사 또한 비록 LDP감시가 불능인 상태라 할 지라도 기관사와 역무원간의 열차무선이나 기타 다른 방 식으로 연락소통을 통하여 간접적인 열차제어를 하게 된 다. 김해경전철의 경우에는 대용폐색방식을 규정 할 때 지 령식만을 적용함으로써 무인운전에서 대두되는 안전성 측 면을 보완하였다. 반면 무인운전방식을 채택하고 있는 유

관기관에서는 각 역에 상주하고 있는 역무원이나 고객안전원의 다가능 역할을 요구한다.

**5-1-3. 지도통신식(단선운전)**

유인운전방식에서는 각 역에 상주하고 있는 역무원이 인접 역과의 긴밀한 연락이 이루어지는 조건하에서 해당 구간 내 기관사와의 폐색통표를 통한 운전방식이 이루어진다. 무인운전방식에서의 인력운영측면에서는 통신식의 비교에서처럼 유인운전방식에 상응하게 이루어져야 안전을 확보할 수 있다.

**5-1-4. 전령법(구원운전)**

도시철도 운전규칙에 의하면 전령법을 시행하기 위해서는 유인, 무인운전 방식 구분 없이 최소 2명의 운전/안전요원이 절대적으로 요구한다. 즉 고장차 및 구원차량의 구원 운전 요원이 최소 각각 1명이 운전자 및 전령자가 필요하다. 일반철도와는 다르게 고장차량 혹은 구원차량의 맨 앞 전부 운전실에서 전도주시에 대한 책임이 주어짐으로써 일반철도에서는 요구하는 추가적인 전령자의 승차를 대신하고 있다.

**5-2. 법 제도운영적 측면**

**5-2-1. 지령식**

무인운전방식에 있어서의 지령식 통제는 우선적으로 안전을 고려한 폐색방식이 적용됨이 옳다고 사료된다. 유인운전 방식 또한 폐색구간의 신중한 구분이 중요하겠지만

무인운전 방식에서는 더 많은 집중이 필요하다. 설령 이동 폐색방식에 근거한 열차운행이라 할지라도 간헐적으로 발생하는 이례적인 상황을 대비하여 고장 난 차량의 열차운행을 시도하는 무인운전방식의 안전요원의 입장을 감안한다면 폐색구간의 경계를 좀더 조밀하게 확보할 필요가 있다고 판단된다.

**5-2-2. 통신식(역간 통제운전)**

무인운전방식에 있어서의 통신식 통제는 관제센터에서 LDP감시가 불능인 상태에서 차내신호 또한 고장인 상황 이므로 관제사는 신속하게 역 상주 안전요원과 순회 중인 기동요원을 출동시킨다. 통신식에서는 평상시와 같은 열차계획상에 열차간격에 집중하는 것은 안전에 크게 위배되는 상황임을 명심해야 한다.

**5-2-3. 지도통신식(단선운전)**

지도통신식에서는 통신식의 경우와 유사하게 단선구간에 운전취급역의 안전요원이 폐색취급자가 된다. 특히 이 부분에서 고려할 사항은 폐색구간의 경계에서 우선적으로 관제사가 지정한 매 역 구간을 적용함이 안전한 폐색방식으로 사료된다. 즉 매 역의 안전요원은 지도권 및 지도표를 상시 비치하여 지도통신식(단선운전)에 대비하여야 한다.

**5-2-4. 전령법**

유인운전방식과 동일한 인력운영과 함께 특히 철도안전법에 부합하는 전령자의 선정을 모색해야 한다. 고장차량의 전도주시를 통한 밀기운전의 안전보장성을 확보하기

Table 4. 폐색규정 I

구 분	유인운전방식(기존규정)	무인운전방식(개정필요(안))
폐색방식	지령식	지령식
폐색구간의 경계	관제사가 지정하는 구간	관제사가 지정한 매 역 구간
출발지시	관제사	관제사
폐색취급자	관제사	관제사

Table 5. 다각적 측면의 폐색규정 정리

분류	상용폐색	대용폐색방식	폐색준용법	
			전령법	무폐색운전
인력운영적 측면	무인운전방식	안전요원 운전	전령자 선정	시계운전
기술/시스템적 측면	CBTC에 근거한 관제원격제어	CBTC에 의한 통제 / 비상운전에 의한 통제	비상운전	ROS/15km 이하 운전
법/제도적 측면	폐색정의에 부합	통신식 역간통제 용어통일	철도면허 소지 전령자	무폐색운전

위해서는 철도안전법에 요하는 기관사 자격자에 한 하여 전령자를 선정 할 필요가 있다.

철도 사고예방을 위한 핵심 신호제어체제 및 폐색방식의 개념과 열차의 안전운행 보장을 위한 폐색방식규정중심으로 소개하였다. 그리고 도시철도 안전운행을 기반으로 한 도시철도 운영기관의 문제점과 해결안을 제시하였다. 향후 지속적인 분석과 연구를 통하여 무선통신기반 열

차제어시스템이 경량전철, 도시철도에 적용되는 과정에서 본 폐색규정의 세밀한 검토와 적용만이 도시철도 열차운행의 안전성을 보장받을 것으로 기대한다. 무인운전을 운영하기 위해 개통준비를 하고 있는 신생 도시철도 운영기관 또한 앞에 제시되었던 논제에 대하여 고민하고 개선해 나가야 할 것이다. ☺