

서울메트로 4호선 운영현황 비교분석(관제업무를 중심으로) Comparative Analysis on Operating Status of Seoulmetro Line4

한창문^{*†}, 박정수^{**}, 황보작^{**}

Chang-Mun Han^{*†}, Jung-Soo Park^{**}, Jak Hwang-Bo^{**}

Abstract Operating Subway Lines 1 to 4 in the highly dense Metropolitan area of Seoul, 200 trains which drive a length of 137.9km through 120 stations, transport an average of 4.5 million people each day, and are a weekday total daily run frequency of 2,423. Seoul metro have 34 years of experience in subway operation which is the longest of the domestic railway operators. Seoul Metro Line 4 on Dangoggae-Oido Line has the 71.5km length routes through 48 stations and run cooperatively with Korail. The objective of this study is to secure on-time operation on Dangoggae-Namtaeryeong Line for rail traffic-controllers. This study is expected to solve the problem associated with congested transportation and train delays and be applicable for rail traffic-controllers.

- **Keywords** : Rail traffic-controllers, Seoul Metro Line 4, Korail

초 록 서울메트로는 4개 노선, 영업거리 137.9km, 역사 120개, 전동차 200편성(1,954량)을 보유하고 평일 열차운행 2,423회 평일 이용 인원 약 450만 명을 수송하고 있는 도시철도 리드로 도시철도 운영기관 중 가장 긴 32년의 역사를 가지고 있다. 이 중 서울메트로 4호선은 당고개역에서 오이도역 간 48역사 영업거리 71.5km 이르고 서울메트로와 철도공사 간 직통운전을 하는 구간이다. 본 논문에서는 서울메트로 4호선의 침두시 당고개역~남태령역 간 정시성 확보에 관한 방법을 운전관제사의 관점에서 연구하였다. 이는 침두시 및 열차 지연 시 정시운행 확보에 관한 운전관제사의 운전정리 관련 정시성 확보 체계의 마련이 예상되며, 타 철도운영기관의 관제 업무에도 활용 가능 할 것으로 기대 된다.

주요어 : 운전관제, 서울메트로4호선, 철도공사

1. 서론

서울메트로4호선은 서울의 강북구간 당고개역에서 강남구간 남태령역, 과천시구간 선바위역~금정역, 안산선구간 금정역~오이도역간 48개 역사 71.5 km를 이루고 있다. 이 중 서울메트로의 1일 수송인원 4,136천명 중 4호선은 839천명을 수송하고 수송 분담율은 20%이다[1].

*† 교신저자 : 서울메트로 동작승무사업소(hcm630@seoulmetro.co.kr)

** 동양대학교 철도대학 철도운전제어학과

** 동양대학교 철도대학 철도경영학과

서울메트로4호선의 침두시 오전(07:00~09:00) 오후(18:00~20:00) 당개역에서 남태령역간 5분 이상 지연열차를 분야별 운전장애 조사를 통해 정시운행 방안에 관해서 원인을 파악하고 개선책을 연구 하고자 함.

1.1 연구의 배경

서울메트로4호선은 철도공사와 서울메트로 간 직통운전을 하는 구간이다 침두시 오전(07:00~09:00) 오후(18:00~20:00) 상.하선(당고개~남태령) 지연이 역내 정차시간 30초를 초과하고 상.하선 주요역 정차시간이 상선평균 55초 하선평균 55초로 역정차 시간 과다가 지연운행 및 운행장애 등으로 주로 지연장애를 유발한다 본 논문에서는 그 원인을 지연분석을 통해 원인을 파악 개선 대책을 연구 하고자 한다.

1.2 연구의 목적

서울메트로의 경영목표인 안전.정시운행을 달성하고 각종 운행장애의 원인을 분석 유사한 동종 사고의 재발 방지 및 비교 분석하여 안전.정시운행 및 장애사고 zero화 목표를 달성 지하철이용 승객의 이용만족도 향상과 안전하고 편리한 서울지하철이 되도록 하는데 연구의 목적이 있다.

1.3 서울메트로 운영현황

서울특별시의 대중교통 중 분담율은 1996년도에는 버스가 30%대 지하철이 20% 후반대의 점유율 승용차가 20%를 보이고 택시가10%대 이나 2009년 이후에는 지하철은 35%대로 증가한 반면 버스는 28%대 택시는 7%대로 하락하여 지하철이 서울특별시의 대중적 교통수당으로 자리매김한 것을 Fig. 3에서 확인할 수 있다. 서울메트로의 최고 혼잡률은 2호선 사당역→방배역간 외선구간 196%(08:20~08:50), 4호선 한성대입구역→혜화역간 하선 180%(08:00~08:30), 1호선 144%, 3호선 149% 서울메트로 전체 최고 혼잡률 평균 167%를 2호선과 4호선은 초과 한다[1].

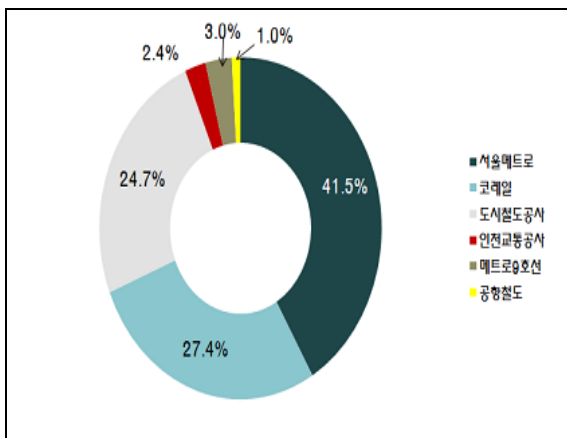


Fig. 1 Transport Allocation Rate by Railway Operators

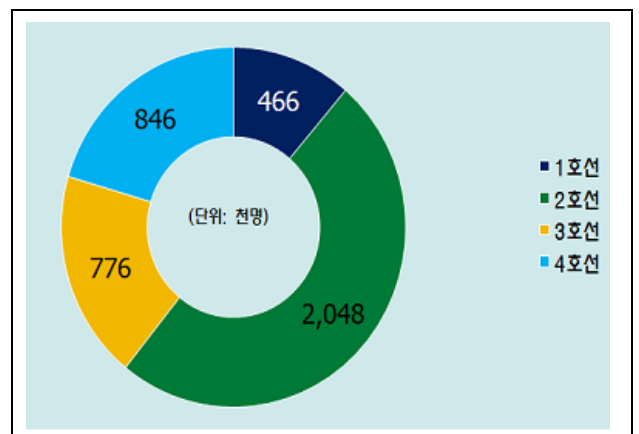


Fig. 2 A Number of People Transport in Lines (1 day) * Unit: Thousand

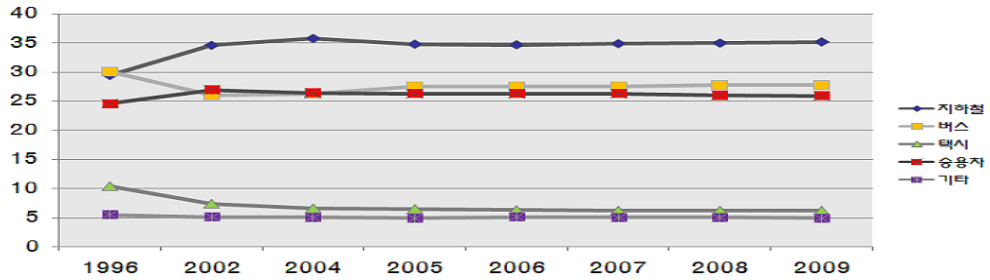


Fig. 3 Transport Allocation Rate by Transportation

서울메트로는 120 개역사 영업거리 137.9km 1 호선은 서울역~청량리역간 7.8 km, 2 호선은 50 개역사 60.2 km, 3 호선은 34 개역사 38.2 km, 4 호선은 26 개역사 31.7 km 이다.

Table 1. Operational Facilities of Seoul Metro

Classification		Total	Line1	Line2	Line3	Line4
Section		4 routes	Seoul station ↔ Cheongnyangni	Seongsu ↔ Seongsu	Jichuk ↔ Ogeum	Danggogae ↔ Namtaeryeong
Extension	Operation Distance	137.9km	7.8km	60.2km	38.2km	31.7km
	Constructed Sections	146.1km	9.9km	62.1km	40.7km	33.4km
Number of Stations		120	10	50	34	26

Table 2. Operation Status of Seoul Metro

Classification	Total	Lines							
		Line1		Line2		Line3		Line4	
Control Method	-	Resistance	VVVF	resistance	Chopper	VVVF	Chopper	VVVF	VVVF
Rail Cars	1,954	60	100	28	450	356	150	340	470
Rail Formation	-	10(6)	10(10)	4(1) 6(4)	10(45)	10(34) 4(4)	10(15)	10(34)	10(47)
Extended Use	599	55	8	2	376	22	136	-	-
Rate(%)	30.7	91.7	8	7.1	83.6	6.2	90.7	-	-

* Extended Use: Over 20 years (as of Dec 31, 2013)

전동차 보유현황은 1호선 160량, 2호선 834량, 3호선 490량, 4호선은 470량으로 서울메트로 전체 1,954량 중 20년 이상 장기 사용 차량은 599량을 이루고 이들 차량이 고장의 한 원인 인자 이기도 하다.

2. 본 론

2.1 관제업무 현황

『관제』라 함은 관제설비 운영, 감시와 열차운행에 관한 지시 및 제어, 통제하는 종합관제소 직원을 말한다.

『운전관제』란 서울메트로 사장의 책임으로 운전에 관한 지시를 하는 직원을 말한다.

『운전정리』 사고 기타 사유로 인하여 열차 지연되는 등 정상운행에 차질이 발생할 경우에 열차의 정상운행을 위하여 운전관제가 취하는 조치를 말한다.

『운전정리의 시행자』 열차의 운전정리는 운전관제사가 이를 행한다.

2.1.1 운전관제 역할 및 임무

- 열차를 정상으로 운전하기 위한 일상의 운전정리
- 운전사고 및 장애발생 사항에 대한 상황 파악, 운전정리, 구원열차의 운전 등
- 열차운전에 필요한 사항의 지시
- 기상상태의 파악에 의한 조치
- 열차운행종합제어장치(TTC) 제어반의 취급
- 열차운행표의 변경사항에 대한 정보입력
- 열차운행표의 실적정리 및 지연분석
- 운행장애 발생 시 관련부서 통보 및 현업 출동지시
- 기타 운전관제업무와 관계 있는 사항

2.1.2 운전정리의 주요사항

- **따로발차** : 지연열차의 도착을 기다리지 않고 따로 열차를 조성하여 출발시킴을 말한다.
- **앞당김운전, 늦춤운전** : 열차의 운전시각을 소정의 시각보다 일정시각을 앞당겨 운전함을 앞당김운전, 일정시각을 늦추어서 운전함을 늦춤운전이라 한다.
- **운행변경** : 열차의 운행구간을 일부 변경, 단축 또는 연장함을 말한다.
- **반복변경** : 열차의 지연 등으로 전동차의 반복역에서 소정의 충당순서를 변경함을 말한다.
- **순서변경** : 계획된 열차의 운행순서를 바꾸어서 운행함을 말한다.
- **운전휴지** : 시발역에서 종착역까지 전구간에 대하여 특정열차의 운전을 중지함을 말한다.

- **운전선로변경** : 사고, 기타 부득이한 사유로 각 열차를 계획된 운전선로로 운전할 수 없는 경우, 이를 변경하여 다른 선로를 이용, 예정된 최종 도착지까지 운전함을 말한다.
 - **착발선변경** : 정거장 구내에서 계획된 열차의 도착선 또는 출발선을 임시로 변경함을 말한다.
 - **합병운전** : 2개 열차 이상을 합병하여 1개 열차로 운전함을 말한다.
 - **단선운전** : 복선운전 할 구간에서 일방선로에 열차사고 또는 선로고장 등으로 열차를 운전할 수 없을 경우 타방의 선로를 사용하여 상, 하 열차를 운전시킴을 말한다.
 - **차량교환** : 차량의 고장 등으로 소정의 운용순서를 변경하여 다른 차량과 교환함을 말한다.
- **TTC 제어(Total Traffic Control) 모드**
 ‘열차종합제어’라 하며 열차는 사전에 작성된 운전계획에 의하여 운행된다. 먼저 운전계획이 수립되면 운행내역을 MSC에 입력하고 입력된 내용 메인 컴퓨터 TTC에 신호제어, 행선안내기 제어, 회차입환 및 반복열번 설정이 이루어지는 제어모드.
 - **CTC 제어(Centralized Traffic Control)모드**
 ‘열차중앙제어’라 하며 열차지연 또는 도착선 변경으로 진로변경이 빈번할 때 또는 어떤 이유로 TTC에 의한 열차운행이 곤란한 경우 관제실의 CTC 제어반을 수동으로 조작하여 진로와 신호를 제어하는 모드를 CTC 제어 모드.
 - **LOCAL 제어 모드**
 ‘현장제어장치’라 하며 운전관제사의 지시로 운전취급역에서 구내원이 진로 및 신호를 수동으로 제어하는 모드를 말하며 제어모드의 전환은 운전취급실의 전환스위치 조작으로 전환되며 이때 TTC 및 CTC에 의한 진로 및 신호제어는 불가능하다.

2.2 서울메트로4호선 운영현황

4호선은 2개의 승무사업소(동작승무사업소, 상계승무사업소)와 1개의 차량기지(창동차량기지) 철도공사 구간인 과천선(선바위역~금정역), 안산선(금정역~오이도역), 안산차량기지과 오이도차량기지가 있다. 승환역은 노원역(4.7호선), 창동역(1.4호선), 동대문역(1.4호선), 동대문역사문화공원역(2.5호선), 충무로역(3.4호선), 서울역(1호선), 삼각지역(5호선), 이촌역(4.중양선), 동작역(4.9호선), 충신대입구역(4.7호선), 사당역(2.4호선) 남태령~선바위 구간은 서울메트로와(우측통행) 철도공사(좌측통행)가 X선 방향으로 운행하고 서울메트로는 직류 1,500V 철도공사는 교류25KV 사용 이 또한 사구간(남태령~선바위)이 운행장애 한 요인으로 작용한다. 4호선의 최고 혼잡구간은 한성대입구역→혜화역 하선구간(08:00~08:30) 180% 서울메트로 최고 혼잡률 평균 167% 웃돈다.

2.2 운전장애 원인별 분석

Table 3. Obstacle of Vehicle Operations for 10 years (unit/number 1 JAN, 2003 ~ 30 JUNE, 2013)

Classification	Total	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13
Total	131	13	5	10	12	13	14	8	13	15	14	14
Railway Accidents	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Driving Obstacles	15	4	1	2	3	1	1	-	1	2	-	-
Slight Obstacles	53	9	4	8	8	12	10	-	2	-	-	-
Others	62	-	-	-	-	-	3	8	10	13	14	14

* Others : The rest of Driving Obstacles (Over 10 min), Slight Obstacles (Under 10 min)

Table 3 은 2003 ~ 2013 년간 서울메트로의 운전분야 운전장애를 운전사고, 운행장애(10 분 이상 지연열차), 경미장애(10 분 미만 지연열차), 기타장애(운행장애, 경미장애외 운행 서비스 차질 사례)를 분석했다.

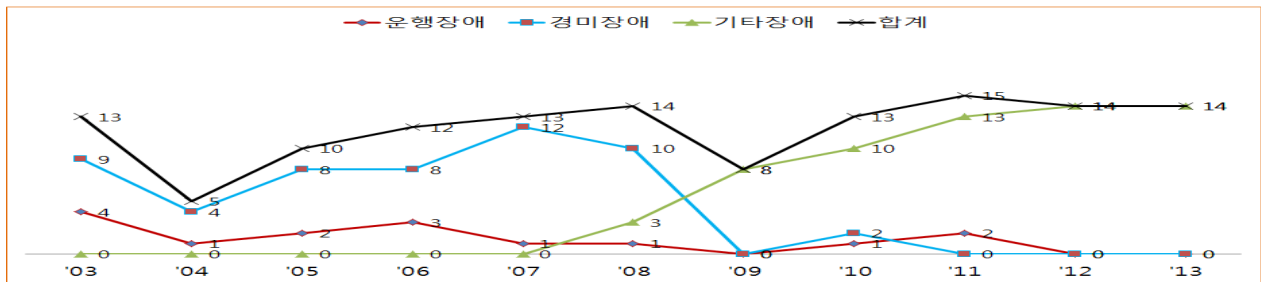


Fig. 4 The Causes Analysis for the Obstacle of Vehicle Operations

Fig. 4 와 **Fig. 5** 같이 운행장애(사고)는 주기적으로 반복 발생하는 특성을 갖고 있는바 최근 10 년간 운전분야에서 발생된 운행장애 및 경미장애를 분석 하면, 승무원의 상시 현장 중심 교육으로 운행장애 최소화를 이루어야 한다.

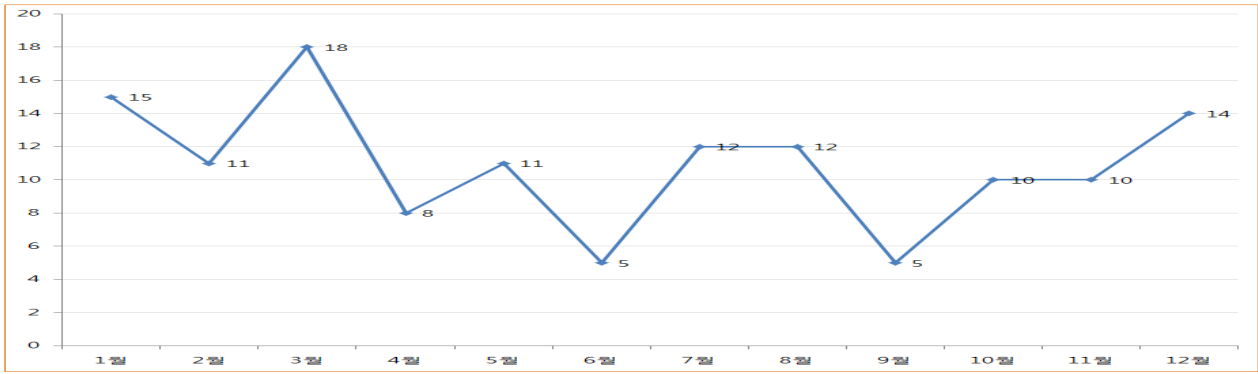


Fig. 5 Monthly Analysis for Obstacle

Fig. 6 은 서울메트로의 시간대별 장애분석으로 오전 침두시(07:00~09:00) 29건으로 오전 침두시 지연 및 운전장애가 집중된다. 지연 대책 활동으로 기동검수 대기방법 개선 및 관계직원의 집중 배치와 장애 발생시 신속한 조치가 요구 된다.

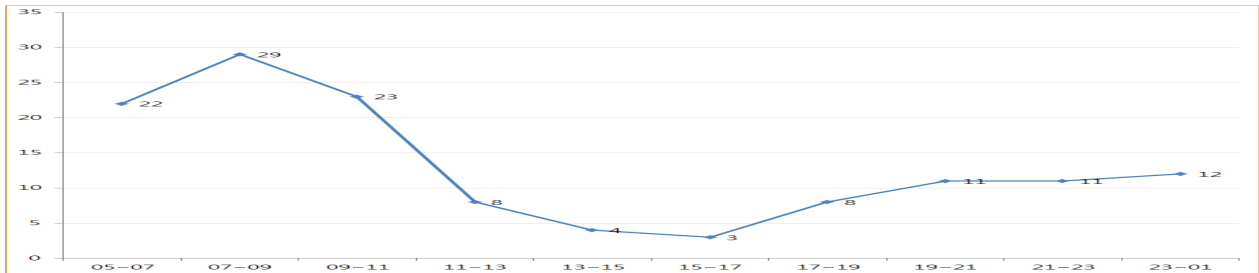


Fig. 6 Hourly Analysis for Obstacle

Table 4. Analysis for the Cause of Delay in line 4

Year/Month	Total	Emergency Patient	Signal	electricity	Safe Door	Railroad Cars	Drivng	Others
13/06	6(3)	2	-	-	2	2(3)	-	-
13/05	12(1)	2	-	-	4	3(1)	-	3
13/04	5	-	-	1	4	-	-	-
13/03	14(3)	2	1	-	8	3(3)	-	-
13/02	25	1	2	-	17	2	-	3
13/01	19(1)	-	2	-	15	2(1)	-	-
12/12	1(1)	-	-	-	1	(1)	-	-
12/11	7	1	-	-	-	4	2	0

12/10	7(2)	2	1	-	3	(2)	1	-
12/09	8(3)	2	-	-	4	1(3)	1	-
12/08	11(4)	3	-	-	2	3(4)	1	2
12/07	5(1)	1	-	-	-	2(1)	-	2

*Reference : () The number of Delay in KORAIL

Table 4 은 서울메트로 4호선의 5분 이상 지연원인 분석 표이다 이를 보면 1년간 총지연 (120)건 중 운전 5건, 신호6건, 기타10건, 안전문(PSD)60건 안전문(PSD) 관련 지연이 전체 지연 원인 중 50%를 상회 하고 있다. **Table 5** 은 승강장 안전문(PSD) 장애현황으로 1년간 총 승강장 안전문(PSD) 4,398건 장애에서 열림불량 장애 1,007건(22%) 닫힘불량 장애 2,198건 (50%) 전체 승강장 안전문(PSD) 장애 중 열림/닫힘 불량 장애가(72%)를 차지 하고 있다. **Table 4, Table 5**와 같이 승강장 안전문(PSD)에 대한 대책으로 정비 및 점검 담당지역 세분화와 출동시간 단축으로 장애 시 신속한 조치, 장애복구가 이루어 지도록 해야 한다.

Table 5. The Status of Safe Door Trebles

Year/Month	Total	Operation Trouble	Open Trouble	Close Trouble	Display Trouble	Lighting Trouble	Contact Trouble	Others
13/06	225	24	84	91	26	0	0	0
13/05	427	49	128	171	56	2	0	21
13/04	293	56	58	129	33	3	2	12
13/03	476	45	101	246	56	8	0	19
13/02	643	51	98	385	59	8	0	42
13/01	798	70	185	405	69	8	0	61
12/12	464	45	84	278	46	6	0	5
12/11	262	41	52	129	28	5	0	7
12/10	251	33	47	121	25	10	1	14
12/09	131	3	35	65	12	3	0	13
12/08	199	18	54	91	15	4	1	16
12/07	229	24	81	87	22	5	0	10

Table 6. Mean Delay time in Line 4 (Unit/Min)

Year/Month	(AM)Peak-time(07:00~09:00)		(PM)Peak-time (18:00~20:00)	
	Down/avg.	Up/ avg.	Down/avg.	Up/avg.
12/03	4:14/4:26	3:59/4:34	3:36/4:49	3:22/5:00
12/04	4:17/5:15	3:48/4:23	3:38/3:42	3:41/4:43
12/05	4:28/4:31	4:03/4:11	4:34/4:20	3:41/4:02
12/06	3:26/3:50	3:33/4:05	4:29/3:56	3:20/3:44
12/07	3:24/3:48	3:25/3:46	3:38/3:49	3:24/3:38
Total Average	3:57/4:22	3:45/4:11	3:58/4:07	3:29/4:12

Table 6 와 Table 7 은 4호선 평균 지연시간과 4호선 주요역 평균 역정차 지연시간을 나타내는 표다 4호선 평균 지연시간은 4호선 주요역(창동역, 미아역, 한성대입구역, 동대문역, 동대문역사문화공원역, 충무로역, 서울역, 삼각지역, 충신대입구역, 사당역)의 정차시간 및 평균 지연시간이다. Table 6 , Table 7의 분석으로 당고개역 인상선, 사당역 Y선(Y₁.Y₂), 남태령역 Y선의 회차방식 개선 및 주요역 승객 승.하차 도움이 배치로 전동차 출입문 취급시 정차시간 단축 통한 열차지연시간 회복이 이루어 지도록 해야 한다.

Table 7. Mean Delay time of Major Stations in Line 4 (Stoppage time: 30 sec, 단위/초)

Year/Month	(AM)Peak-time(07:00~09:00)		(PM)Peak-time (18:00~20:00)	
	Down/avg.	Up/ avg.	Down/avg.	Up/ avg.
12/03	0:56/0:54	0:57/0:54	0:56/0:54	0:56/0:53
12/04	0:56/0:53	0:55/0:53	0:55/0:53	0:55/0:54
12/05	0:55/0:52	0:55/0:53	0:57/0:53	0:56/0:53
12/06	0:55/0:50	0:55/0:53	0:56/0:52	0:54/0:53
12/07	0:55/1:05	0:55/0:53	0:54/0:53	0:55/0:52
Total Average	0:55/0:54	0:55/0:53	0:55/0:52	0:55/0:52

3. 결론 및 향후 연구방안

서울메트로4호선은 당고개역에서 남태령역간 서울메트로구간, 선바위역에서 금정역간 과천선 구간 금정역에서 오이도역간 안산선구간은 철도공사 구간으로 서울메트로와 철도공사간 직통

운전구간으로 48개역 영업거리 71.5 km이다. 한성대입구역→혜화역(하선) 구간은 최고 혼잡률 180%로 서울메트로 평균 혼잡률 167%를 상회한다.

본 논문에서는 앞에서 본 10년간 운전분야 운전장애, 4호선 지연원인 분석, 승강장 안전문(PSD) 장애현황을 분석 해본 결과 지연장애 중 50%를 차지하는 승강장 안전문(PSD)장애 승강장 안전문(PSD)장애 중 72%를 차지하는 승강장 안전문(PSD) 열림/닫힘 불량을 해소 하면 지연장애를 줄일 수 있다는 결론을 내릴 수 있다.

첫째, 승강장 안전문(PSD) 열림/닫힘 불량 해소 방안 제시로 승강장 안전문(PSD)정비 및 점검 담당지역 세분화 및 출동시간 단축을 제안 한다.

둘째, 전동차 장애 시 출동하는 기동검수원의 대기장소 및 대기방법 개선이다. 기동검수원은 4호선 경우 당고개역, 동대문역사문화공원역, 동작역에서 대기 한다 기동검수원의 침두시 대기방법을 한 장소에서 대기하다 출동하는 방식이 아니다 4~5개역으로 나누어 순회 하면서 점검하고 열차 장애 시 출동하는 방식으로 개선을 한다.

셋째, 주요역 승객 승.하차 도움이 배치로 전동차 출입문 취급시 정차시간을 단축할 수 있다.

넷째, 당고개역 인상선, 사당역 Y선(Y_1, Y_2), 남태령역 Y선의 회차방식 개선으로 열차지연시간을 단축 해야 한다.

본 논문은 10년간 운전분야 운전장애, 4호선 지연원인 분석, 승강장 안전문(PSD) 장애현황 등 서울메트로의 데이터 중심으로 분석 했다 후속 연구에서는 통계학적 분석이나 설문지 분석 및 시뮬레이션 분석 방법론을 추가 함이 좋을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] Seong-Kun Cho, Jung-Hun Song, Il-Bong Jung, Jung-Soo Park (2013) A study on the way how to mitigate congestion on Seoul subway Line 2, *Journal of The Korean Society for Railway Journal*
- [2] Seoul Metro (2013) An Analysis of Operational Troubles, *Seoul Metro*
- [3] Seoul Metro (2013) Transportation Planning, *Seoul Metro*
- [4] Seoul Metro (2013) An Analysis of On-time Operation, *Seoul Metro*

(한국철도학회 정기학술대회 Full Paper Template 작성일: 2013.10.03)