

지하철 조명 환경 조사 연구

강욱구 * · 정우진
(Oggoo Gang · Woojin Jang)
서울산업대학교

요약

서울 도심의 인적 운송수단의 중심에 있는 지하철 1~8호선의 차량 객실조명과 지하철 역사 조명을 조사하여 현재의 조명환경을 파악한 후 각 호선별 지하철 차량의 객실 조도와 휘도를 측정하고 지하에 위치한 역사의 조도를 측정하여 분석하였다. 또한 역사의 기준등급을 환승역은 A등급, 일반역은 B 등급으로 적용하여 기준조도를 선정하였으며 현재의 측정 조도와 사용광원을 검토하여 에너지절약 및 지하철의 조명환경개선을 연구함으로써 이용객에게 쾌적하고 안락한 지하철 조명 환경을 만들고자 한다.

1. 서론

서울 지하철의 역사는 1974년 8월 15일 개통한 서울역~청량리역을 잇는 7.8 km의 지하철 1호선의 개통으로부터 시작되었다. 서울특별시는 2008년 현재 34년 이라는 지하철 역사를 간직하게 되었으며, 세 개의 운영주체가 현재의 서울 지하철을 운영하고 있다. 서울 메트로는 지하철 1~4호선 134.9 km, 서울특별시 도시철도공사는 지하철 5~8호선 152 km, 한국철도공사는 국철구간인 288.4 km로서 그 구역은 구로역~인천역의 경인선과 서울역~천안역의 경부선 그리고 지하 청량리역~소요산역의 경원선, 용산역~덕소역의 중앙선, 금정역~오이도역의 안산선, 금정역~남태령역의 과천선, 선릉역~보정역의 분당선, 지축역~대화역의 일산선, 시흥역~광명역의 경부고속선 등이다.

이 외에도 2002년 4월에 9호선이 착공되어 공사중에 있다. 이와 같이 복잡한 서울의 현실속에서 효율적인 교통수단으로 지하철은 인적 운송수단에 주도적 역할을 하고 있다. 이러한 지하철의 중요성을 고려하여 현재 운행되는 지하철 1~8호선과 분당선의 차량 객실 및 지하철의 역사 조명 환경을 파악하고 적합한 차량객실 조명 환경 및 개선방안의 연구를 통해 안전하고 쾌적한 지하철의 조명환경을 이루고자 한다.

2. 본론

2.1. 조명 전원 설비

2.1.1. 조명용 전압과 주파수

일반조명 : AC 220V 60Hz

국부조명 : DC 24V

2.1.2 측정기기 및 측정 방법

측정기기는 대만제품의 조도계와 국산제품의 휘도계를 사용하여 조도 및 휘도를 측정하였다.

표 1 측정기기표

구분	조도	휘도
제품명	TES 1332A	LS -110
제조사	TES ELECTRICAL	KOTRONIX
생산국	TAIWAN	KOREA
측정기간	2008.3.10~3.30	2008.3.10~3.30
측정시간	AM 10:00~PM5:00	AM 10:00~PM5:00

2.2 조명 환경

2.2.1 차량 조명 환경

1) 차량객실 조명환경

차량객실의 전반 조도에 따른 광원의 종류 및 등기구의 조건을 조사 및 비교 분석

표 2. 차량객실 조명기구 분석 표

호선	광원의종류	반사판		글러브	
		고조도	일반	유	무
1	FL 32W		○		○
2	FL 32W	○			○
3	FL 32W	○			○
4	FL 32W	○			○
5	FL 32W	○		○	
6	FL 32W	○		○	
7	FL 32W	○		○	
8	FL 32W	○		○	
분당선	FL 32W		○		

2) 차량객실 조도 및 휘도

차량객실의 조도와 휘도를 호선별로 조사하여 비교 분석.

(1) 조도 측정방법

표 3의 "A" 조도값은 차량객실 의자에 착석한 상태에서 무릎위에 조도계를 놓고 측정하였음. (H: FL+650mm), "B" 조도값은 차량객실 중앙바닥면 조도를 측정함(H : FL+0mm) "C"조도값은 서있는 상태에서 책 또는 신문을 볼 때의 위치조도를 측정하였음.(H : FL+1260mm)

(2) 휘도 측정 방법

표 3의 "A"휘도 값은 차량객실 의자에 착석한 상태에서 천정 형광등을 보았을 때의 광원에 휘도를 측정하였음. "B"휘도값은 차량객실 의자에 착석한 상태에서 바닥 중앙을 볼 때 바닥면의 휘도를 측정함. "C" 휘도값은 차량객실에서 서 있는 상태로 벽면을 보았을 때 벽면의 휘도를 측정하였다.

그림 1.지하철객실 조도 및 휘도 측정위치단면도

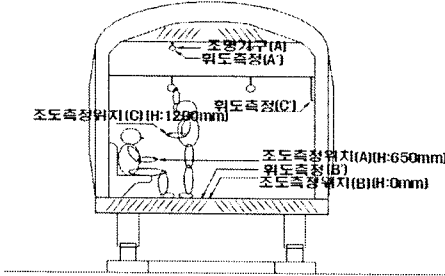


그림 2. A위치 조도 측정

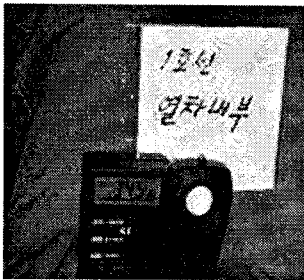


표 3. 호선별 차량객실 조도 및 휘도 측정표

호선	차량번호	주광원의종류	조도(lx)			휘도(cd/m ²)		
			A	B	C	A	B	C
1	5669	FL 32W	345	365	437	5943	35.45	20.15
2	2057	FL 32W	422	509	434	5441	34.88	37.40
3	3125	FL 32W	424	389	473	5965	57.93	53.40
4	4667	FL 32W	323	213	485	8162	86.36	23.69
5	5418	FL 32W	275	266	241	2115	45.42	28.98
6	6002	FL 32W	210	228	207	2646	22.75	16.59
7	7140	FL 32W	240	262	241	3090	37.37	20.71
8	8005	FL 32W	244	248	212	5965	57.03	53.40
분당선	2082	FL 32W	343	238	417	3717	44.84	34.99
평균			314	302	349	4,782	46.77	32.15

※차량기준조도 : 300(lx)

차량기준휘도 : 5000 cd/m²

그림 3. 차량내부 조도 그래프

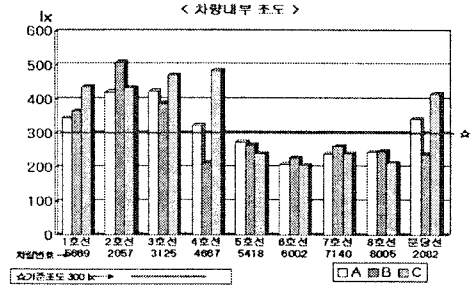
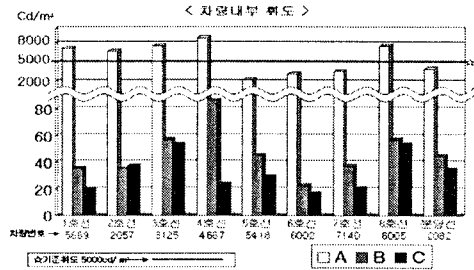


그림 4. 차량내부 휘도 측정사진



그림 5 차량내부 휘도 측정 그래프



2.2.2 역사 조명 환경

역사의 조명환경을 조사함에 있어서 지하철 각 호선별 지하역을 조사 하였으며 승강장과 계단, 매표소 및 화장실 그밖에 게이트등의 조도를 측정하여 승객들이 이용하는 주된 장소에 조명환경 조사

1) 승강장 조명 환경

승강장 조도 측정은 호선별 환승역과 일반역을 각각1개 역사를 선정 후 3개 지점(A, B, C)의 조도를 측정하여 각 호선별 승강장 조도를 비교하였다.

(1) 조도 측정 방법

표 4,5의 "A"조도 값은 승강장의 차량을 탑승 및 하차 시 접하는 노란선 바닥면의 조도를 측정 하였으며, "B"조도 값은 승강장의 중앙 바닥 면 조도를 측정한 결과이다. 또한 "C" 조도 값은 승강장 안쪽벽면에 위치한 의자 바닥면의 조도 값을 측정 하였다.

그림 6. 승강장 조도 측정위치 단면도

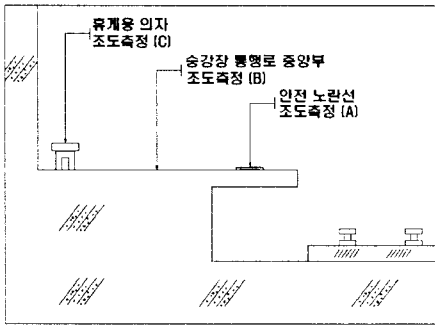


표 4. 환승역 승강장 조도 측정표

호선	역사명	주광원의종류	조도(lx)		
			A	B	C
1	동대문	FL 32W	177	172	89
2	잠실	FL 32W	137	154	128
3	종로3가	FL 32W	213	373	410
4	사당	FL 32W	357	259	86
5	충정로	FL 32W	244	113	99
6	삼각지	FL 32W	215	143	72
7	이수	FL 32W	306	72	14
8	북정	FL 32W	191	135	112
분당선	수서	FL 32W	482	270	341

※ 기준조도(바닥기준) : 250lx

그림 7. 환승역 승강장 그래프

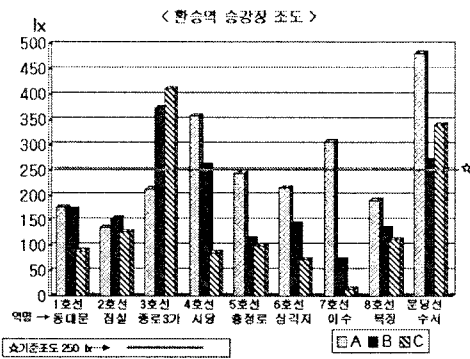
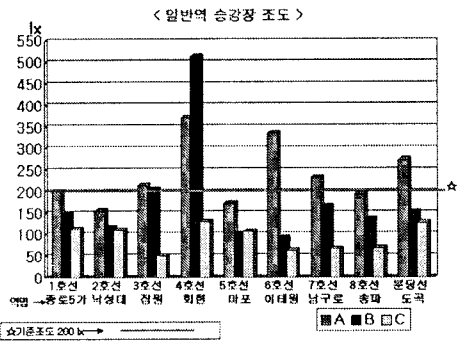


표 5. 일반역 승강장 조도 측정표

호선	역사명	주광원의종류	조도(lx)		
			A	B	C
1	종로5가	FL 32W	201	147	112
2	낙성대	FL 32W	155	117	110
3	잠원	FL 32W	214	206	50
4	회현	FL 32W	372	514	130
5	마포	FL 32W	173	101	107
6	이태원	FL 32W	336	94	63
7	남구로	FL 32W	232	165	66
8	송파	FL 32W	194	135	69
분당선	도곡	FL 32W	273	154	127

※ 기준조도(바닥기준) : 200(lx)

그림 8. 일반역 승강장 그래프



2) 계단 조명 환경

지하역사의 계단 중 승강장에서 게이트로 연결되는 계단의 상단과 중간 그리고 하단부분의 3개 지점에 대한 바닥면 조도를 측정한 후 각 호선별 계단조명에 환승역과 일반역의 계단을 1개씩 측정하여 위치별 조도를 산정하고 호선별 계단조명에 따른 조도를 비교 분석

(1) 조도 측정 방법

표 6,7의 "A"조도 값은 계단의 하부 바닥면 조도 값을 측정하였고, "B"조도 값은 계단의 중간부분 바닥면을 측정하였다. "C" 조도 값은 계단 상단부분의 바닥면 조도 값을 측정 함.

그림 9. 계단조도 측정 위치 단면도

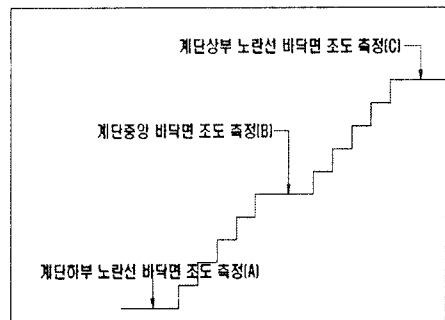


표 6. 환승역 계단조도 측정표

호선	역사명	주광원의종류	조도(lx)		
			A	B	C
1	동대문	FL 32W	84	104	238
2	잠실	FL 32W	65	52	160
3	종로3가	FL 32W	97	207	132
4	사당	FL 32W	169	74	107
5	충정로	FL 32W	234	220	311
6	삼각지	FL 32W	159	86	102
7	이수	FL 32W	150	82	98
8	북정	FL 32W	93	131	279
분당선	수서	FL 32W	205	161	112

※ 기준조도(바닥기준) : 250(lx)

그림 10. 환승역 계단조도 그래프

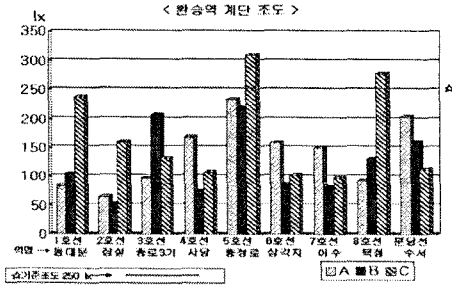
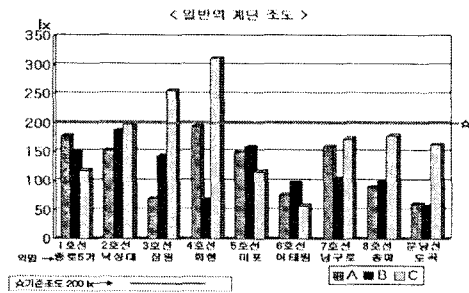


표 7. 일반역 계단조도 측정표

호선	역사명	주광원의종류	조도(lx)		
			A	B	C
1	종로5가	FL 32W	177	150	118
2	낙성대	FL 32W	153	187	198
3	잠원	FL 32W	70	143	256
4	회현	FL 32W	194	68	312
5	마포	FL 32W	151	159	116
6	이태원	FL 32W	77	98	58
7	남구로	FL 32W	160	105	173
8	송파	FL 32W	91	100	178
분당선	도곡	FL 32W	62	57	163

※기준조도(바닥기준) : 200(lx)

그림 11. 일반역 계단조도 그래프



3) 매표구, 역무실, 매표창구 조명 환경

지하역사의 매표구, 역무실, 그리고 매표 창구 앞의 조도를 환승역과 일반역 각각 1개씩 측정하여 산정하여 각 호선별 매표구 역무실, 매표창구의 조도를 비교

(1)조도측정방법

표8,9의 매표구의 조도는 매표창구에서 표를 받는 부분의 바닥 조도를 측정 하였으며 역무실은 책상위 바닥면의 조도를 측정하였다. 그리고 매표창구 앞은 홀의 바닥 면 조도를 측정함.

그림 12. 매표구,역무실 매표창구 앞 조도측정 위치단면도

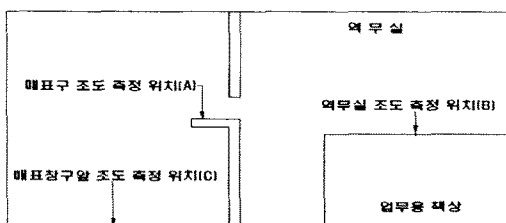


표 8. 환승역 매표구 조도 측정표

호선	역사명	주광원의종류	조도(lx)		
			A매표구	B역무실	C매표창구앞
1	동대문	FL 32W	420	190	260
2	잠원	FL 32W	299	260	200
3	종로3가	FL 32W	315	360	160
4	사당	FL 32W	218	197	260
5	홍정로	FL 32W	340	439	250
6	삼각지	FL 32W	229	250	200
7	이수	FL 32W	200	260	160
8	북정	FL 32W	318	380	360
분당선	수서	FL 32W	250	320	200

※기준조도 : A매표구(책상기준) : 500(lx)
 : B역무실(책상기준) : 300(lx)
 : C매표창구앞(바닥기준) : 400(lx)

그림 10 매표구 환승역 조도 그래프

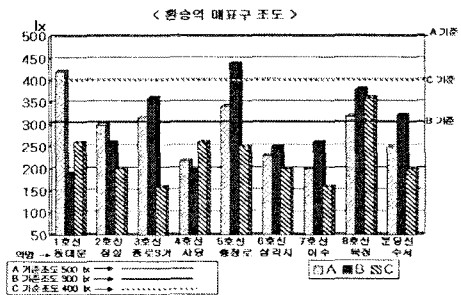
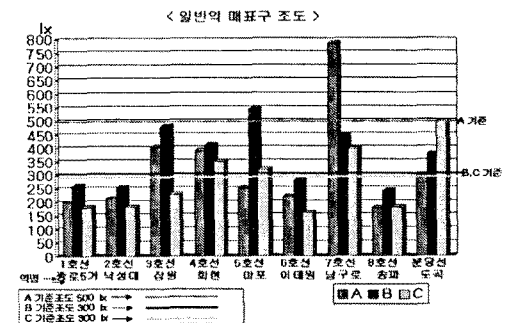


표 9. 일반역 매표구 조도 측정표

호선	역사명	주광원의종류	조도(lx)		
			A매표구	B역무실	C매표창구앞
1	종로5가	FL 32W	200	260	180
2	낙성대	FL 32W	215	255	183
3	잠원	FL 32W	405	480	230
4	회현	FL 32W	390	412	350
5	마포	FL 32W	253	545	320
6	이태원	FL 32W	221	280	160
7	남구로	FL 32W	785	449	396
8	송파	FL 32W	178	242	180
분당선	도곡	FL 32W	300	380	500

※기준조도:A매표구(책상기준) : 500(lx)
 : B역무실(책상기준) : 300(lx)
 : C매표창구앞(바닥기준): 300(lx)

그림 13. 일반역 매표창구 앞 조도 그래프



4) 화장실 조명 환경

지하역사 화장실의 조도는 각 호선별 환승역과 일반역 1개씩을 측정하여 비교분석

(1)조도 측정방법

표 10,11의 "A"조도측정은 좌변기위부분 바닥면의 조도를 측정하였고 "B"조도는 소변기하부조도를 측정하였다. 또한 "C"조도는 화장실 중앙 바닥면 조도를 측정하였음.

그림 14. 화장실 조도 측정 위치단면도

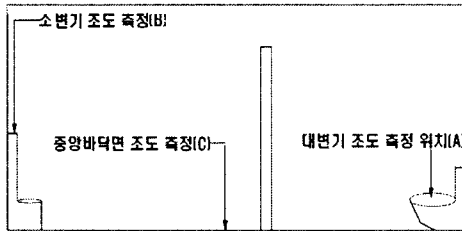


표 10. 환승역 화장실 조도 측정표

호선	역사명	주광원의종류	조도(lx)		
			A	B	C
1	동대문	FUL 13W/1	54	148	88
2	잠실	FUL 13W/2	25	160	106
3	종로3가	FUL 13W/2	30	145	180
4	사당	FUL 13W/2	62	237	180
5	충정로	FUL 13W/1	84	121	58
6	삼각지	FUL 13W/1	76	250	226
7	이수	FUL 13W/2	32	172	90
8	북정	FUL 13W/1	86	147	114
분당선	수서	FL 32W	81	181	205

※기준조도(책상기준): 300(lx)

그림 15. 환승역 화장실 조도 그래프

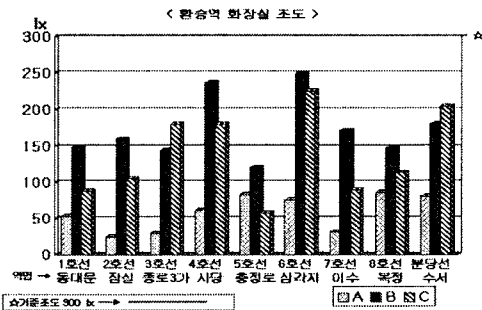
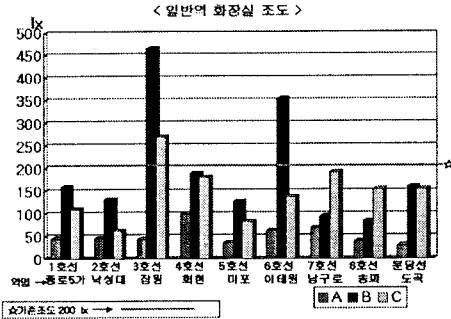


표 11. 일반역 화장실 조도측정표

호선	역사명	주광원의종류	조도(lx)		
			A	B	C
1	종로5가	FUL 13W/2	45	160	110
2	낙성대	FUL 13W/2	46	132	62
3	잠원	FUL 13W/2	44	465	270
4	회현	FUL 13W/1	100	190	182
5	마포	FUL 13W/1	37	128	83
6	이태원	FL32W	63	354	138
7	남구로	FUL 13W/2	69	95	192
8	송파	FL 32W	40	85	155
분당선	도곡	FUL 13W/2	32	160	155

※기준조도(책상기준): 300(lx)

그림 16. 일반역 화장실 조도그래프



5)게이트 조명 환경

지하철의 게이트, 게이트홀, 연결통로 부분의 조도를 각 호선별 환승역과 일반역을 각각1개씩 측정하여 비교 분석

(1)조도 측정방법

표 12,13의 게이트 조도 측정은 게이트기기의 승차권 인출구 조도를 측정 하였으며 게이트홀은 게이트 통과 후 바닥면 조도를 측정하였다. 그리고 연결 통로는 바닥면 조도를 측정하였음.

그림 17. 게이트 조도측정위치도

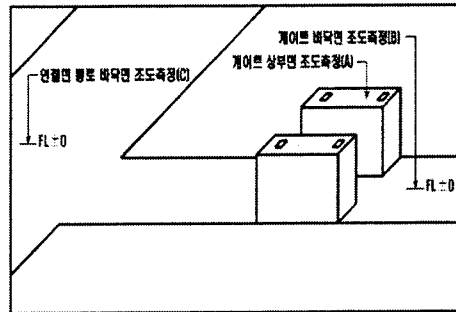


표 12. 환승역 게이트 조도 측정표

호선	역사명	주광원의종류	조도(lx)		
			게이트A	게이트홀B	연결통로C
1	동대문	FL 32W	529	206	211
2	잠실	FL 32W	231	320	61
3	종로3가	FL 32W	186	70	110
4	사당	FL 32W	382	75	60
5	충정로	FL 32W	238	21	150
6	삼각지	FL 32W	130	125	61
7	이수	FL 32W	207	105	49
8	북정	FL 32W	454	427	320
분당선	수서	FL 32W	261	324	280

※기준조도:A게이트 (책상기준) : 500(lx)

:B게이트홀(바닥기준) : 400(lx)

:C연결통로(바닥기준) : 250(lx)

그림 18. 환승역 게이트 조도 그래프

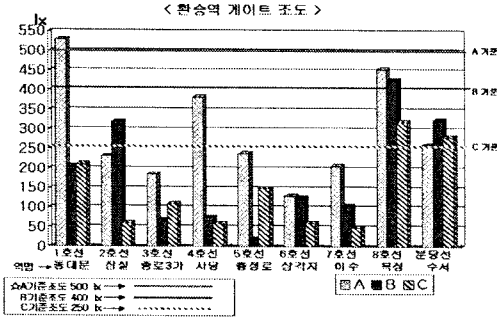
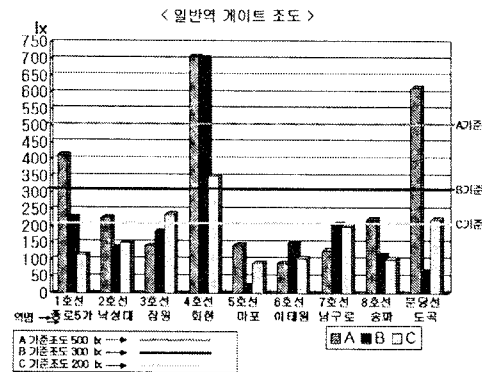


표 13. 일반역 게이트 조도 측정표

호선	역사명	주광원의종류	조도(lx)		
			A게이트	B게이트홀	C연결통로
1	종로5가	FL 32W	413	226	115
2	낙성대	FL 32W	225	136	150
3	잠원	FL 32W	141	185	235
4	회현	FL 32W	709	703	350
5	마포	FL 32W	142	24	90
6	이태원	FL 32W	90	150	105
7	남구로	FL 32W	129	207	200
8	송파	FL 32W	220	116	103
분당선	도곡	FL 32W	614	66	220

※ 기준조도: A 게이트(책상기준) : 500(lx)
 : B 게이트홀(바닥기준) : 300(lx)
 : C 연결통로(바닥기준) : 200(lx)

그림 20. 일반역 게이트 조도 그래프



2.5.4 차량객실 조명환경 개선 방안

기존광원(FL32W)에 반투명 폴리에틸렌 커버를 사용하되 조도는 300 lx 이상을 유지하며 휘도를 5000 cd/m' 이하로 하여 쾌적하고 부드러운 조명 환경으로의 개선이 필요함.

2.5.5 승강장 조명환경 개선방안

지하철 조명 설비에 차량의 운행과 연계된 조명 제어 방식을 채택하여 효율적 운영과 절전에 따른 에너지 절약 및 청각 장애자가 빛이 밝게 변함

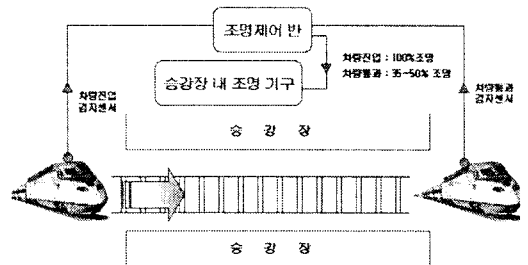
으로 차량진입을 인지하여 안전을 도모 할 수 있도록 한다.

1) 기본개념

차량이 승강장내로 진입 시 조명을 100(%) 점등 상태로 운영하고 차량이 승강장을 통과한 후 승강장내 조명을 35~50(%) 점등상태로 운영한다. (단, 최하 조도는 100 lx 이상으로 하며 제어 방법으로는 형광등 안정기를 디밍용으로 사용하여 전체를 디밍하는 방법과 기존 전등을 회로별 제어하는 방법 중 효율적인 방법을 선택 적용함이 바람직하다.

2) 제어방식

그림 21. 조명제어 개념도

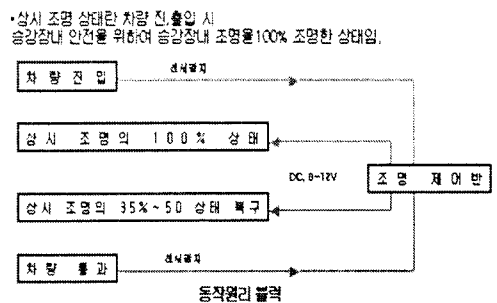


3) 동작원리

☞ 차량이 승강장내로 진입시 "IN" 방향센서에 의해 감지된 신호로 조명 제어반에서 조명을 컨트롤 하여 승강장내 조명을 100% 점등 상태로 유지
 ☞ 차량이 승강장을 통과하여 나갈시 "OUT" 방향 센서에 의해 감지된 신호를 조명 제어반으로 보내 승강장내 조명을 제어하여 35~50% 점등상태로 유지함.

4) 동작원리 블록도

그림 22. 동작원리 블록도



3. 결 론

서울특별시에서 운영되고 있는 지하철1호선에서 8호선 및 분당선의 차량과 지하역사 조도 및 차량객실의 휘도를 조사 하여 비교분석 한바 차량객실의 "A"(의자의 착석 시 무릎 위)지점 조도가 지하철 1호선에서 4호선 및 분당선은 323~424(lx)로 300lx 이상이며, 지하철 5~8호선은 210~275lx로 300lx이하인데 원인을 분석 한 바 지하철 5~8호선은 커버 부착형 조명기구이므로 조도가 현저히 낮음을 알 수 있다.

차량객실의 기준조도가 300lx이므로 지하철 5~8호선의 차량객실 조도는 기준조도에 약 60~90%이므로 약 10~40%의 조도 향상을 요하고 있다.

차량객실의 휘도는 "A" (의자에 착석 후 광원을 보았을 때)지점에서의 휘도가 지하철 1호선 ~4호선과 8호선은 5441~8162cd/m' 이며 5호선~7호선 및 분당선은 2115~3717cd/m'로 1호선~4호선과 8호선의 휘도가 5000cd/m'를 초과 하므로 쾌적한 차량객실내의 조명환경을 위해서는 휘도를 5000cd/m'이하로의 개선이 필요하다.

역사 조명환경을 호선별로 비교하여 볼 때 특히 5호선 ~8호선의 승강장 조명의 조도가 기준조도에 현저히 부족함을 알 수 있다. 또한 일부 승강장은 다른 호선의 승강장 조도에 비하여 약 30~70% 낮음을 알 수 있다. 그러므로 지하철 5호선~

8호선의 조도향상이 필요 하다.

지하철 5호선~8호선 역사 조명의 낮은 조도 원인은 기존 조명을 에너지 절약 차원에서 일부 소등하고 있어 기준 조도에 못 미치고 있다. 승강장 조명이 어두운 경우 승객의 안전에도 바람직하지 않으므로 기준조도 이상의 조명환경이 절실하게 요구 된다.

자료조사에 제한적 여건으로 인하여 전역사의 조명환경조사가 이루어지지 못한 점에 대하여는 추후 상세조사에 의한 연구가 필요한 부분이다.

또한 에너지절약에 대하여는 기존광원인 FL32W를 앞으로 FL28W와 LED광원으로 교체하기 위한 연구와 함께 승강장의 조명을 차량과 연동된 시스템으로 구성하여 효율적 관리에 따른에너지 절약과 쾌적하고 안전한 지하철 조명의 환경구축이 추후 연구과제에 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 장우진, 고효율조명기술, 아진 2006,3.
- [2] 한국 철도공사, 열차 조명 매뉴얼,2006,1.
- [3] 지철근, 조명환경원론, 문운당, 2004, 2.
- [4] M. David Egan, Victor Olgyay, Architectural Lighting, Second Edition, McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 2001, 8.
- [5] 한국표준협회, KSA 3011 산업표준 조도기준.
- [6] 서울특별시 도시철도 정거장 조도기준