

남산1호터널 조명설비개량공사
실시설계보고서

2002. 11.



서울특별시 서부도로 관리사업소

목 차

제1장 사업의 개요.....	1
1.1 사업의 배경.....	2
1.2 과업의 목적 및 범위.....	2
1.3 과업의 개요.....	2
1.4 과업의 추진경위 및 과업수행 흐름.....	3
1.5 사업의 기대 효과.....	3
1.6 과업 결과 요약.....	4
제2장 현 황.....	5
2.1 지역 현황.....	6
2.2 기상 및 수도권 터널 현황.....	6
2.3 수도권 터널 현황.....	8
2.4 기존터널 오염현황.....	10
제3장 조명설비.....	12
3.1 조명설비 현황 및 비교표	13
3.2 조명설비 실시설계 (상행선)	15
3.3 조명설비 실시설계 (하행선).....	37
제4장 전력 설비.....	61
4.1 전력설비 현황.....	62
4.2 전력설비 계획.....	71
4.3 공 정 표.....	75
제5장 전기설비 기준자료.....	76

제1장 사업의 개요

제1장 사업의 개요

1.1 사업의 배경

- 서울시내의 경우 지속적인 차량의 증가와 서울 진입 차량을 포함하면 남산 1호터널의 경우 서울 교통의 원활한 소통에 아주 중요한 역할을 담당하고 있다.
- 현재의 도로망 체계 내에서 남산 1호 터널은 용산구 한남동 (한남대교) 및 서울시 도심인 중구 필동 지역을 연결하고 있다. 그러나 터널 전기설비의 전반적인 노후화로 인하여 터널 이용자들에게 쾌적한 교통 서비스를 제공하여 주지 못하고 있다.
- 그러므로 노후된 전기설비의 전면적인 개량실시로 기기 가동의 안정성 확보 및 시급한 조명수준의 향상으로 통행 불편사항의 해소 및 에너지 사용의 효율성을 제고하고 각종 안전사고 사전 방지로 전기시설물 관리에 안전을 기하고자 ‘남산 1호 터널 조명설비 개량 실시설계’를 추진하게 되었다.

1.2 과업의 목적 및 범위

1.2.1 과업의 목적

남산 1호 터널 전기설비 및 터널조명설비가 차량 매연 및 노후화로 잦은 고장과 터널내의 조도가 낮아 시민 생활 불편과 안전사고에 노출되어 있어 기존 전기설비 및 터널조명을 현대화 시스템으로 개량함으로써 각종 안전사고 방지 및 조명수준 향상과 에너지 사용 효율성을 증대하고 쾌적한 도시 환경을 조성하여 시민불편 민원해소를 신뢰받는 행정구현으로 전기설비 관리에 안전을 기하는데 그 목적이 있다.

1.2.2 과업의 범위

- 1) 현장 조사 및 검토
- 2) 실시설계
- 3) 설계도서 작성 및 공사비 산출
- 4) 실시설계 보고서 작성

1.3 과업의 개요

- 1) 사업 명 : 남산 1호터널 조명설비개량 실시설계용역
- 2) 위 치 : 남산 1호터널
- 3) 규 모 : 터널 2개(상행선 1,530m 하행선 1,530m)와 관리실 2개소, 중앙환기실1개소
- 4) 사업시행처 : 서울특별시 서부도로 관리사업소
- 5) 과업내용
 - 가. 각종 시설물 조사 및 검토
 - 나. 과업수행 계획서
 - 다. 수배전반 검토 및 설계
 - 라. 각종 전선로 검토 및 설계
 - 마. 터널내 전기시설물 검토 및 설계

- 바. 중앙 감시 설비 설계
- 사. 효율적인 에너지 절감방안
- 아. 각종 기전시설물 변경에 따른 건축물 변경계획 및 설계
- 자. 기타 시공에 필요한 내용의 설계도서

1.4 과업의 추진 경위 및 과업 수행의 흐름

1.4.1 과업 추진경위

- 입찰 및 계약 : 2002. 3. 6
- 조사 및 보고서 제출 : 2002. 3. 6. ~ 2002. 11. 5
- 기본계획 설계 : 2002. 5. 1 ~ 2002. 8. 31
- 기본계획 심의 : 2002. 9. 1. ~ 2002. 9. 30
- 실시설계 및 보고서 : 2002. 9. 1 ~ 2002. 10. 30
- 중간 서면 심의 : 2002. 9. 20
- 실시 설계 심의 : 2002. 10. 20

1.4.2 과업수행의 흐름

본 과업의 수행은 다음과 같이 크게 4단계로 구분하였다.

- 제1단계 : 현장조사
- 제2단계 : 기본계획 설계
- 제3단계 : 실시설계
- 제4단계 : 설계도서 작성 및 사업비 산출

1.5 사업의 기대효과

- 조명제어에 의한 터널 이용운전자의 실제적, 심리적 안정성 유지
- 터널 외부조건에 순응하여 필요한 만큼의 휘도 유지로 인한 에너지 절감
- 배기 FAN의 터널 조건에 맞는 운전으로 인한 에너지 절감
- 자동화된 제어 SYSTEM 도입으로 인한 관리인력의 절감 및 안정성 확보

1.6 과업 결과 요약

<표 1.6-1> 과업 결과 요약표

항 목	신 설	개 량	재 시 설	비 고
조 명 설 비			○	
조 명 제 어 설 비			○	
수 · 변 전 설 비			○	
전 력 제 어 설 비	○			
기 타(전력시설물 변경에 따른 건축공사)		○		

제2장 현 황

제2장 현 황

2.1 지역 현황

본 터널이 위치한 서울시는 한반도 중부지역 서측에 위치하고 있으며 서울시의 일부인 용산구 및 중구는 서울의 한가운데 위치하고 있어 시의 중심부를 이루고 있다. 터널을 중심으로 남쪽으로 반포로 및 강변대교가 인접하여 통과하고 있으며 그 아래로는 서울의 젓줄인 한강이 흐르고 있고 북쪽으로는 서울의 중심업무, 상업지역인 명동과 퇴계로, 남대문로가 연결되어 있다.

2 기상 및 수도권 터널 현황

2.2.1 기 상

우리나라는 겨울에는 대륙성 기단의 영향으로 한랭건조하고 여름에는 해양성 기단의 영향으로 고온다습한 기후적 특성을 나타내고 있다.

본 사업지가 속한 서울시는 한반도의 서측 중앙부로 동경 126° 46' ~127° 11' , 북위 37° 25' ~37° 41' 사이에 위치하여 온대기후에 속하고, 4계절이 뚜렷하여 연간 기온의 차가 큰 것이 특징이며, 대륙성 기후의 결과 3한 4온의 기상현상을 보이고 있다.

2.2.2 동결 기간

서울지방의 동결기간을 조사한 결과 년 대비 16.7%인 61일로 나타났다.

표 2.2-3> 동결지수 및 동결기간현황(남산 3호터널 실시설계보고서 발췌)

측후소	지반고 (m)	동결 지수	동결 기간	측후소	지반고 (m)	동결 지수	동결 기간	측후소	지반고 (m)	동결 지수	동결 기간
속 초	25.8	382	56	제 천	220.0	947	102	나 주	20.0	444	60
대관령	820.0	1,439	114	총 주	50.0	802	112	순 천	23.0	217	53
춘 천	74.0	823	79	보 은	170.0	786	61	영 암	18.0	352	59
강 릉	26.0	309	60	음 성	168.0	811	66	성산포	10.7	-	-
서 울	85.5	736	61	진 천	80.0	783	56	대 청	19.7	-	-
인 천	68.9	672	61	괴 산	115.0	754	61	칠 곡	54.6	482	60
울릉도	221.1	218	56	영 동	40.0	708	60	영 주	145.6	715	78
원 주	36.9	801	60	아 산	24.5	732	62	문 경	52.0	533	57
서 산	19.7	613	60	유 성	70.0	631	60	영 덕	55.0	368	56
춘 천	59.0	630	60	보 령	33.0	515	60	의 성	73.0	719	60
대 전	77.1	623	60	부 여	16.0	581	60	선 산	40.0	538	59
추풍령	245.9	548	60	금 산	140.0	699	60	영 주	80.0	464	60
포 향	5.9	213	56	당 진	54.0	626	60	울 진	11.0	230	56
군 산	26.3	430	60	흥 성	48.0	652	61	안 동	93.0	615	57
대 구	57.8	342	56	논 산	10.0	593	60	청 송	210.0	716	59
전 주	51.2	393	60	이 리	8.0	497	59	상 주	57.0	480	56
울 산	31.5	174	56	부 안	6.0	517	60	김 천	82.0	465	60
광 주	70.9	302	80	임 실	225.0	626	61	성 주	38.0	542	60
부 산	69.2	116	44	정 읍	30.0	439	61	거 창	224.9	549	60
총 무	32.2	97	44	남 원	115.0	465	60	합 천	30.9	416	57
목 호	53.4	150	56	무 주	190.0	675	59	밀 양	12.5	383	57
여 수	67.0	130	56	진 안	292.0	717	58	산 청	200.0	326	57
진 주	25.0	250	60	고 창	49.0	490	69	함 안	9.2	446	56
강 화	25.0	809	66	함 평	9.0	435	26	거 제	12.0	156	444
양 평	80.0	864	103	승 주	57.0	391	57	남 해	15.0	151	56
이 천	98.0	745	112	장 흥	40.0	328	60	경 주	39.0	213	60
화 성	10.0	805	60	해 남	37.5	284	56	울 주	68.7	-	57
안 성	24.2	766	60	고 흥	32.4	203	56	함 양	220.0	368	56
인 제	199.7	945	80	완 도	20.0	131	55	김 해	12.0	201	57
흥 천	134.0	1,038	102	장 성	57.0	481	60	하 동	20.0	246	56
삼 척	6.9	371	56	영 광	60.0	400	56	삼천포	18.0	-	55
원 성	140.0	907	60	구 례	53.0	323	57				

2.4 기존터널 오염 현황

서울지역의 터널공기 오염현황은 다음과 같다.

<표 2.4-1> 2001년 상반기 터널 공기 오염도 측정 현황

구분	터널명	지하공기질 기준	남산1호	남산3호	금화	단위	
							오염물질
측정 항목	도로구조 시설기준에 관한규칙	일산화탄소 (CO)	100	6.4	5.3	3.7	ppm
		질소산화물 (NOX)	25	0.133	0.129	0.093	ppm
	지하생활 공간공기질 관리법 시행규칙	일산화탄소 (CO)	25	6.4	5.3	3.7	ppm 1시간평균치
		이산화질소 (NO2)	0.15	0.133	0.129	0.093	ppm 1시간평균치
		아황산가스 (SO2)	0.25	0.016	0.018	0.018	ppm 1시간평균치
		이산화탄소 (CO2)	1000	712	691	691	ppm 24시간평균치
		포름알데히드 (HCHO)	0.100	0.008	0.010	0.011	ppm 24시간평균치
		미세먼지 (PM-10)	200	361	326	234	μg/m ³ 24시간평균치
		납 (PB)	4	0.313	0.252	0.207	μg/m ³ 24시간평균치

※ 서울특별시 보건환경연구원에서 2회/년 참고사항으로 측정한 결과치임

※ 터널내 배출가스 허용기준은 건설교통부 “도로구조시설기준에

관한규칙” (일산화탄소=100ppm. 질소산화물=25ppm)

※ 지하공기질기준은 지하생활공간기질관리법시행규칙 제3조와 관련된 사항으로 터널내 공기질은 직접적 규제대상이 아님

<표 2.4-2> 2001년 하반기 터널 공기 오염도 측정 현황

구분		터널명	지하공기질 기준	남산1호	남산3호	금화	단위
		오염물질					
측정항목	도로구조 시설기준 에 관한 규 칙	일산화탄소 (CO)	100	6.9	6.9	6.1	ppm
		질소산화물 (NOX)	25	0.111	0.120	0.114	ppm
	지하생활 공간공기 질관리법 시행규칙	일산화탄소 (CO)	25	6.9	6.9	6.1	ppm 1시간평균치
		이산화질소 (NO2)	0.15	0.111	0.120	0.114	ppm 1시간평균치
		아황산가스 (SO2)	0.25	0.012	0.013	0.013	ppm 1시간평균치
		이산화탄소 (CO2)	1000	558	564	552	ppm 24시간평균치
		포름알데히드 (HCHO)	0.100	0.012	0.011	0.012	ppm 24시간평균치
		미세먼지 (PM-10)	200	544	346	343	μg/m³ 24시간평균치
		납 (PB)	4	0.313	0.237	0.234	μg/m³ 24시간평균치

※ 서울특별시 보건환경연구원에서 2회/년 참고사항으로 측정한 결과치임

※ 터널내 배출가스 허용기준은 건설교통부 “도로구조시설기준에 관한규칙” (일산화탄소=100ppm, 질소산화물=25ppm)

※ 지하공기질기준은 지하생활공간기질관리법시행규칙 제3조와 관련된 사항으로 터널내 공기질은 직접적 규제대상이 아님

2.3 수도권 터널 현황

수도권 지역의 터널을 대상으로 경제적인 터널을 계획하고자 기존 시설 자료를 다음과 같이 조사검토 하였다.

<표 2.3-1> 수도권 터널 시설 현황표

터널명 설계조건	구 기 터 널	금 호 터 널	금 화 터 널	남산 제1호 터널		남산 제2호 터널	남산 제3호 터널	문 성 터 널	북 악 터 널
위 치	서울시 구기동 244~불파옹산25	서울시 신당동 351~금호3가 1537	서울시 서대문구 현저동107-206~ 대신동 산2-7	서울시 예장동 현대쌍굴확장 공 산5-6~한남동 사중 산10-33		서울시 장충동 산7-22~용산동 2 가	서울시 회현동1 가 산16~용산동 2가	서울시 신림동 산181-6~197-54	서울시 정릉동 산87-1~평창동 산6-200
터 널 연 장	610m	320m	555m	1,530m	1,530m	1,620m	1,280m	360m	810m
차 선 수	2차선 쌍굴	2차선 쌍굴	2차선 쌍굴	2차선	2차선	2차선 단굴	2차선 쌍굴	2차선 쌍굴	2차선 쌍굴
교 통 방 식	2차선 일방통행	2차선 일방통행	2차선 일방통행	2차선 대면교통	2차선 일방교통	2차선 대면교통	2차선 일방교통	2차선 일방교통	2차선 일방교통
중 단 구 배	1.5%	2%	2.5%	1.0%~3.5%		2.5%~3%	+0.5%~0.5%	터널내 중구배	중앙 중구배
평 면 선 형	직 선	직 선	직 선	직선+곡선		직 선	직 선	직 선	직 선
터 널 굴 착 공 법	ASSM 공법	ASSM 공법	ASSM 공법	TBM/TBG공법	TBM 공법	ASSM 공법	ASSM 공법	NATM 공법	NATAM 공법
갱 문 형 식	면벽식	면벽식	면벽식	면벽식	면벽식	면벽식	면벽식	면벽식	면벽식
환 기 방 식	자 연 환 기	자 연 환 기	자 연 환 기	강제통풍식	강제통풍식	강제통풍식	강제통풍식	자 연 환 기	강제통풍식
조 명 구 분	저 압 나 트 룬	고 압 나 트 룬	고 압 나 트 룬	고 압 나 트 룬	저 압 나 트 룬	저 압 나 트 룬	고 압 나 트 룬	고 압 나 트 룬	저 압 나 트 룬
조 명 배 치	맞보기 배열	맞보기 배열	중앙배열(2열)	맞보기 배열	맞보기 배열	맞보기 배열	맞보기 배열	맞보기 배열	맞보기 배열
터널벽면마감처리	시멘트 마감	시멘트 마감	타일(H=2.0m)	시멘트 마감		불소화수지	타일(H=2.0m)	타일(H=2.0m)	타일(H=2.0m)
소 화 전	-	-	-	69EA		36EA	48EA	26EA	16EA
피 난 유 도 시 설	1EA	-	1EA	-		-	2EA	-	-
비 상 전 화	-	-	-	14EA		9EA	5EA	-	3EA
방 송 설 비	AM : 4EA FM : 7EA	-	-	AM-FM		AM-FM	AM-FM	AM-FM	AM : 6EA FM : 3EA

터널명 설계조건	사 직 터 널	상 도 터 널	지 하 문 터 널	화 곡 터 널	갈 말 터 널	광 양 터 널	중 부 1 터 널	중 부 2 터 널	중 부 3 터 널
위 치	서울시 사직동 304	서울시 본동136~상도동515	서울시 청운동6~두한동 263	서울시 화곡동 105-338	경기도 성남시	판교-구리간 고속도로(경기도 하남시)	중부고속도로(경기도 광주)	중부고속도로(경기도 곤지암)	중부고속도로(경기도 곤지암)
터 널 연 장	136m	566m	485m	412m	380m	743m	300m	252m	-
차 선 수	2차선(3굴)	2차선 쌍굴	2차선 쌍굴	2차선 쌍굴	2차선 쌍굴	2차선 쌍굴	2차선 쌍굴	2차선 쌍굴	2차선 쌍굴
교 통 방 식	2차선 일방통행 중앙터널가변2차선	2차선 일방통행	2차선 일방통행	2차선 일방통행	2차선 일방교통	2차선 일방통행	2차선 일방교통	2차선 일방교통	2차선 일방교통
종 단 구 배	1.0%	1.5%	2.0%	2.0%	2.0%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%
평 면 선 형	곡 선	직 선	곡 선	직 선	곡 선	직 선	직 선	직 선	곡 선
터 널 굴 착 공 법	ASSM 공법	ASSM 공법	ASSM 공법	NATM 공법	NATM 공법	NATM 공법	NATM 공법	NATM 공법	NATM 공법
갱 문 형 식	면벽식	면벽식	면벽식	면벽식	면벽식	돌출식	돌출식	면벽식·돌출식	돌출식·면벽식
환 기 방 식	자 연 환 기	자 연 환 기	자 연 환 기	자 연 환 기	자 연 환 기	자 연 환 기	자 연 환 기	자 연 환 기	자 연 환 기
조 명 구 분	저 압 나 트 룬	고 압 나 트 룬	고 압 나 트 룬	고 압 나 트 룬	고 압 나 트 룬	고 압 나 트 룬	고 압 나 트 룬	고 압 나 트 룬	고 압 나 트 룬
조 명 배 치	맞보기 배열	중앙배열(1열)	맞보기 배열	맞보기 배열	맞보기 배열	맞보기 배열	맞보기 배열	맞보기 배열	맞보기 배열
터널벽면마감처리	타일(H=2.0m)	타일(H=2.5m)	타일(H=2.5m)	시멘트 마감	타일(H=2.5m)	타일(H=2.5m)	타일(H=2.5m)	타일(H=2.5m)	타일(H=2.5m)
소 화 전	-	19EA	-	2EA	-	-	-	-	-
피 난 유 도 시 설	-	-	1EA	-	-	-	-	-	-
비 상 전 화	-	1EA	-	-	-	-	-	-	1EA
방 송 설 비	-	AM : 1EA FM : 1EA	-	AM : 1EA FM : 1EA	AM-FM	-	-	-	-

제3장 조 명 설 비

3.1 조명 설비 현황 및 비교표

<3.1.1> 터널내 조명설비 현황표

구분	조사내용	비고
등기구의 형식	저압나트륨 66W, 91W 131W,	
등기구의 재질	FRP 재질	
설치수량	상행선(구터널) : 66W-764등, 91W-280등 131W-46등, 총 - 1,090등 하행선(신터널) - 66W-576등, 91W-166등 131W-34등, 총 - 776등	
등기구의 사용한도	설치 후 약 8년	설치 후 2.5년부터 보수시작
등기구의 설치 상태	등기구의 노후화 및 터널 매연등으로 인하여 세척전에는 기본부의 조도가 39(lx)이고 세척후의 조도는 52(lx)정도로 차량통행에 필요한 조도를 확보하기가 어렵다.	차량 통행하는데 불편을 초래하므로 전면적인 등기구 개량공사를 시행.
조명제어	현 상태는 가로등과 같이 2단계 제어를 함.	터널조명의 5단계 제어를 통하여 통행에 불편함이 없도록 하며, 주간(맑음, 흐림), 야간, 심야, 일출일몰로 구분하여 에너지 절약도 유도.

<3.1.2> 저압나트륨 안정기 특성비교표

구분	66W		131W	
	자기식	전자식	자기식	전자식
입력전압	220V	220V	220V	220V
입력전류	0.43A	0.33A	0.72A	0.60A
입력전력	90W	72W	160W	135W
역률(%)	90%이상	98%이상	90%이상	98%이상
2차전압(V)	120V	120V	250V	250V
2차전류(A)	0.62A	0.53A	0.62A	0.62A
램프전력(W)	65W	65W	127W	127W
안정기 무게	7.5kg	650g	8.5kg	650g
치수	100x85x320mm	50x35x210mm	100x85x320mm	50x35x210mm
장단점	<ul style="list-style-type: none"> - 내구성이 좋다. - 저압변동에 따라 조도가 다르다. - 안정기 무게 및 전력소비가 크다. 		<ul style="list-style-type: none"> - 자기식에 비해 내구성이 약하다. - 전압변동에도 조도가 일정하다. - 소비전력이 우수(자기식의 20%절감) - 효율이 좋고 크기가 작다. 	
선정		◎		◎
선정 이유	<ol style="list-style-type: none"> 1. 소비전력이 작아 에너지가 절약된다. 2. 부피 및 무게도 자기식에 비해 현저히 작아 등기구에 설치가 용이하다. 3. 남산1호터널 하행선이 기존 FRP 등기구 지지대를 사용해야하므로 무게가 작은 전자식안정기가 유리하다. 			

<3.1.3> 저압나트륨 램프 특성비교표

구 분	고압 나트륨램프	저압 나트륨램프	형광램프
용 량	고압나트륨 250W	저압 나트륨 131W	FHF 32W(2파장)
광 속	25,000lm	26,000lm	3,100lm
효율 (lm/w)	100(lm/w)	198(lm/w)	96(lm/w)
장 단 점	<ul style="list-style-type: none"> ·효율이 가장 낮다 ·광색은 등백색으로 연 색 성이 나쁘다. ·눈부심이 높다. ·설비비 및 운전유지 보 수비가 저렴 ·균제도가 좋지않다. ·순시재점등이 불가능 ·국산품으로 구입이 용이 	<ul style="list-style-type: none"> ·효율이 가장 높다 ·광색은 등황색으로 연 색 성이 나쁘다. ·눈부심이 적다. ·설비비 및 운전유지 보 수비가 저렴 ·순시재점등이 가능 ·배광제어가 쉽다 ·외산이다. 	<ul style="list-style-type: none"> ·효율이 다소 낮다 ·광색은 연녹색으로 연색성이 보통이다. ·매연 및 안개에 대한 투과율 이 나쁘다. ·눈부심이 가장 적다. ·설비비 및 운전유지 보수 비가 높다. ·저온에서 시동이 어려움
검 토 의 견	<p>고효율로 케이블 및 수전시설의 비용이 적게들고 에너지가 절약되며, 순시재점등이 가능하고 배광제어가 쉽다.</p> <p>고압나트륨사용시 등기구 수량이 저압보다 다소 많아야 하며, 효율이 떨어져 용량이 커야 하므로 케이블이 현저히 굵어져 공사비가 높아질 우려가 있다.</p>		
남산1호터널에 저압나트륨 선정이유	<p>남산1호터널의 경우 고압나트륨 등을 선정시 예상되는 문제점으로는</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 하행선의 경우 기존 등기구 취부용 SUPPORT가 FRP재질로 되어 있어 고압의 경우 열이 많이 발생하여 FRP재질이 열에 변형이 될 수 있다. 따라서 고압나트륨설치시 등기구 SUPPORT용 FRP를 철거해야 한다. 2. 1호터널의 경우 장대터널로서 고효율의 저압나트륨등이 공사비 및 에너지 절약에 매우 유리하다. 3. 1호터널의 등기구 취부높이가 약 4.3M로서 차량의 통행관계로 2열배열이 불가한 상태이며, 약 1,500LX정도의 요구조도를 고압나트륨등은 1열배열에서 얻기가 힘들다.(저압나트륨 등은 1등기구안에 2개의 램프 취부가 가능하나, 고압의 경우는 내부 열때문에 취부가 불가능하다) 		
선 정 안		◎	

3.2 설계조건 (상행선)

3.2.1 공사명 : 남산 1 호 터널 전기 개보수 공사

3.2.2 터널의 조건

구 분		남 산 1 호 널 - 상행선
설 계 속 도		60 km/h
야외휘도	입구부	2,000cd/m ²
교 통 량		40,000대/일
터 널 길 이		상 : 1,530m
구 배		± 3.0% 이상
통 행 방 식		자동차 전용 2차로
도 로 전 폭		10.3m
차 로 폭		7.0m
조명등 설치 높이		4.3m
조명등 배열 방식		마주보기 배열
터널 내장재	천 정	콘크리트
	벽 면	타 일
	노 면	아스팔트

3.2.3 설계기준

가) 입구부의 설정되는 야외휘도 검토(터널조명기준 KSA 3703-1992)

1) 터널입구부의 설정되는 야외휘도는 터널입구에서 시거만큼 앞쪽에 있는 운전자의 눈 위치에서 본, 터널을 중심으로 한 시각지름 20° 인 시야의 평균휘도로서

나) 야외휘도 선정

- 1) 터널입구부근의 시야 상황을 검토한 결과 입구부근의 시야 상황이 서로 10 [%] 미만임.
- 2) 설계속도가 60 [km] 이고
- 3) 지형상 운전자의 20° 시야내에 점하는 공간의 비율이 10 [%] 미만이므로
- 4) 주위의 상황은 도심지대로 터널의 남북으로 되어있고 입구부의 부근이 흰색 건물등이 많아 야외휘도를 표1.1 설정되는 야외휘도에서 2,000 [cd/m²] 으로 적용.

표1.1 설정되는 야외휘도(KSA 3703-1992)

설계속도 [km/h]	20도 시야(²) 내에 점하는 공간의 비율 [%]							
	20 이상		20 ~ 10		10 ~ 5		5 미만	
	주위의 상황 단위 : cd/m ²							
	밝음	보통	밝음	보통	밝음	보통	밝음	보통
100	6,000	5,000	5,000	3,000	4,000	2,500	4,000	2,000
80								
60	5,000	4,000	4,000	2,500	3,000	2,000	3,000	1,500
40								
적 용								

주(²)이 시야는 터널입구에서 시거만큼 앞쪽에 있는 운전자가 터널을 볼 경우의 것이다.

다) 야외휘도에 곱하는 계수 선정

- 입구부의 노면휘도는 터널입구부근의 운전자 시야상황에 따라 정해지는 야외휘도의 값에 설계속도에 따라 정해지는 표1.2 야외휘도에 곱하는 계수를 적용.

표1.2 야외휘도에 곱하는 계수(KSA 3703-1992)

설계속도 [km/h]	계 수
100	0.07
80	0.05
60	0.04
40	0.03

라) 평균조도 환산계수

- 평균노면휘도 [cd/m²] 를 평균노면조도 [lx] 로 환산하는 계수

표1.3 평균조도 환산계수(도로안전시설 설치 및 관리지침 - 건설교통부 1999)

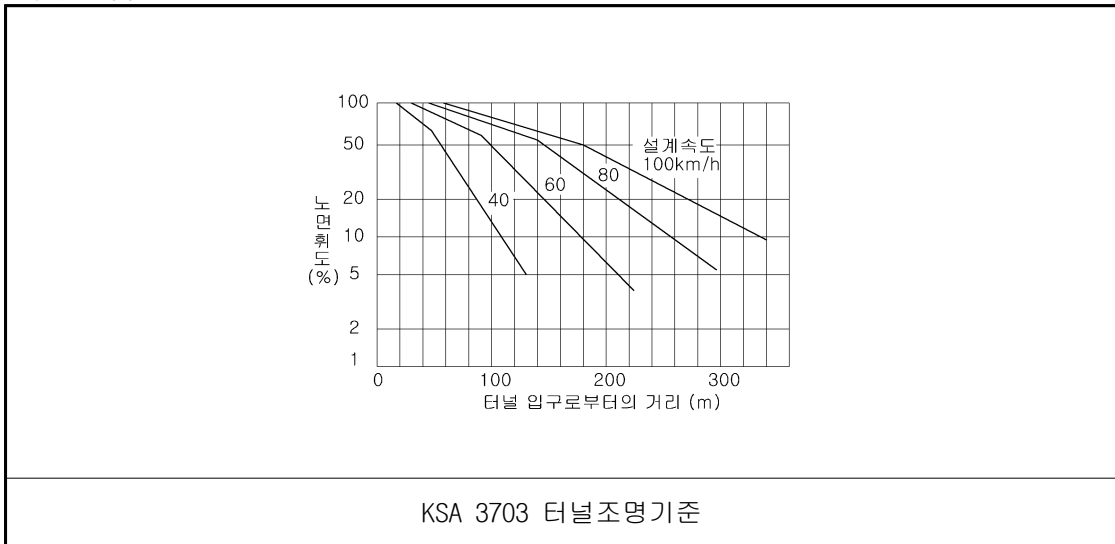
노 면 상 태	평균조도 환산계수	적 용
콘크리트	13 [lx/cd/m ²]	
아스팔트	18 [lx/cd/m ²]	○

마) 조도기준 설정

- 1) 입구부 조명

가. 경계부의 노면휘도는 터널입구부근의 운전자 시야상황에 따라 정해지는 야외휘도의 연간 출현빈도를 고려하여 설정되는 값에 , 설계속도에 따라 정해지는 계수를 곱한 값으로 설정

나. 이행부 및 완화부의 노면휘도는 경계부의 노면휘도 값을 100%로 하여 그림과 같이 터널입구부터의 거리에 따라 감소시키고, 기본부 조명의 노면휘도 값에 매끄럽게 접속하는 것으로 함.



2) 기본부 조명

가. 기본부 조명의 평균 노면휘도는 설계속도에 따라 다르며

나. 현 남산1호터널은 시야확보가 어렵고 터널의 체적이 작으며 일일 교통량이 타 터널에 비해서 많기 때문에(터널은 장터널에 속한다) 터널내의 오염이 심하다. 터널내의 공기투과율이 오염에 의해 낮으므로 평균노면휘도를 6.0(cd/m²)으로 상향조정하였다.

표1.4 기본부 조명의 평균노면휘도 [KSA 3703-1992]

설계속도 [km/h]	평균 노면휘도 [cd/m ²]	적 용
100	9.0	
80	4.5	
60	2.3	
40	1.5	

바) 구간별 조도기준 계산

* 현 남산1호터널은 경부고속도로와 연결도로로서 가까운거리에 있고, 반대편 청계고가도로 (설계속도 70km)와도 바로연결되어 있어 차량속도가 80km정도이며 실제로 터널내의 차량속도를 측정한 데이터를 참고하면 평균 73km~81km이므로(남산권 교통관리센터 소장 자료제공 (2002.07.19)-별첨 참조)이를 본 설계에 충분히 고려하여 반영한다.

1) 입구부 평균조도 [lx] = 야외휘도 [cd/m²] × 노면휘도 저감율 [%] × 야외휘도에 곱하는 계수 × 평균조도 환산계수 [lx/cd/m²]

2) 기본부 평균조도 [lx] = 평균노면휘도 [cd/m²] × 평균조도 환산계수 [lx/cd/m²]

구분		평균 조도 계산		적용기준 조도(lx)	
야외휘도	구간				
2,000 [cd/m ²]	경계부	2,000 [cd/m ²] × 100 [%] × 0.04 × 18 [lx/cd/m ²] = 1,440 [lx]		1,440	
	이행부	1단계	2,000 [cd/m ²] × 95 [%] × 0.04 × 18 [lx/cd/m ²] = 1,368 [lx]		1,368
		2단계	2,000 [cd/m ²] × 85 [%] × 0.04 × 18 [lx/cd/m ²] = 1,224 [lx]		1,224
		3단계	2,000 [cd/m ²] × 73 [%] × 0.04 × 18 [lx/cd/m ²] = 1,050 [lx]		1,050
		4단계	2,000 [cd/m ²] × 61 [%] × 0.04 × 18 [lx/cd/m ²] = 878 [lx]		878
	완화부	1단계	2,000 [cd/m ²] × 44 [%] × 0.04 × 18 [lx/cd/m ²] = 633 [lx]		633
		2단계	2,000 [cd/m ²] × 25 [%] × 0.04 × 18 [lx/cd/m ²] = 360 [lx]		360
		3단계	2,000 [cd/m ²] × 14 [%] × 0.04 × 18 [lx/cd/m ²] = 201 [lx]		201
		4단계	2,000 [cd/m ²] × 8 [%] × 0.04 × 18 [lx/cd/m ²] = 115 [lx]		115
	기본부		6.0 [cd/m ²] × 18 [lx/cd/m ²] = 108 [lx]		110

사) 보수율

본 터널에서는 교통량이 약 40,000 [대/일] 이상이고 구배가 2%이상이며 터널길이가 1,530m 이므로 다음 보수율 표를 인용하여 0.4를 적용하였다.

표1.5 보수율(도로안전시설 설치 및 관리지침 - 건설교통부 1999)

터널상황 교통량[대/일]	길이 [m]	1,500[m] 이상		500[m]이상 ~ 1,500[m]미만		500[m] 미만	
		오름구배%	2% 이상	2% 미만	2% 이상	2% 미만	2% 이상
20,000[대/일] 이상			0.4	0.5	0.5	0.55	0.6
10,000~20,000[대/일] 미만			0.45	0.55	0.55	0.6	0.65
5,000~10,000[대/일] 미만			0.5	0.6	0.6	0.65	0.7
5,000[대/일] 미만			0.55	0.65	0.65	0.7	0.75

아) 광원의 선정

터널 조명에 사용되는 광원은 종류, 크기, 효율, 광색, 휘도 수명 등을 고려하여 터널 조건에 가장 적합한 것을 사용한다.

종 류	고효율 형광램프 (2파장)	고압나트륨램프	저압나트륨램프
용 량 (W)	32W × 3등	100 ~ 250	36 ~ 131
효 율 (lm/W)	95	80 ~ 100	116 ~ 198
수 명 (h)	8,000	12,000	9,000
점등부속 장 치	안정기 필요	안정기 필요	안정기 필요
광 원 의 장·단점	<ul style="list-style-type: none"> ▪효율이 다소 높음. ▪순시 재점등 가능 ▪배광제어가 쉽다. ▪황녹색 광원으로 색상 시인성 우수 ▪저온에서 불점등 및 광속 저하. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪효율이 낮다. ▪순시 재점등 불가능 ▪배광제어가 쉽다. ▪수명이 길다. ▪국산품으로 구입 용이 	<ul style="list-style-type: none"> ▪효율이 높음. 에너지 절감 ▪순시 재점등 가능 ▪배광제어가 쉽다. ▪등황색으로 색상 시인성 나쁨. ▪외산 자재
적 용			○

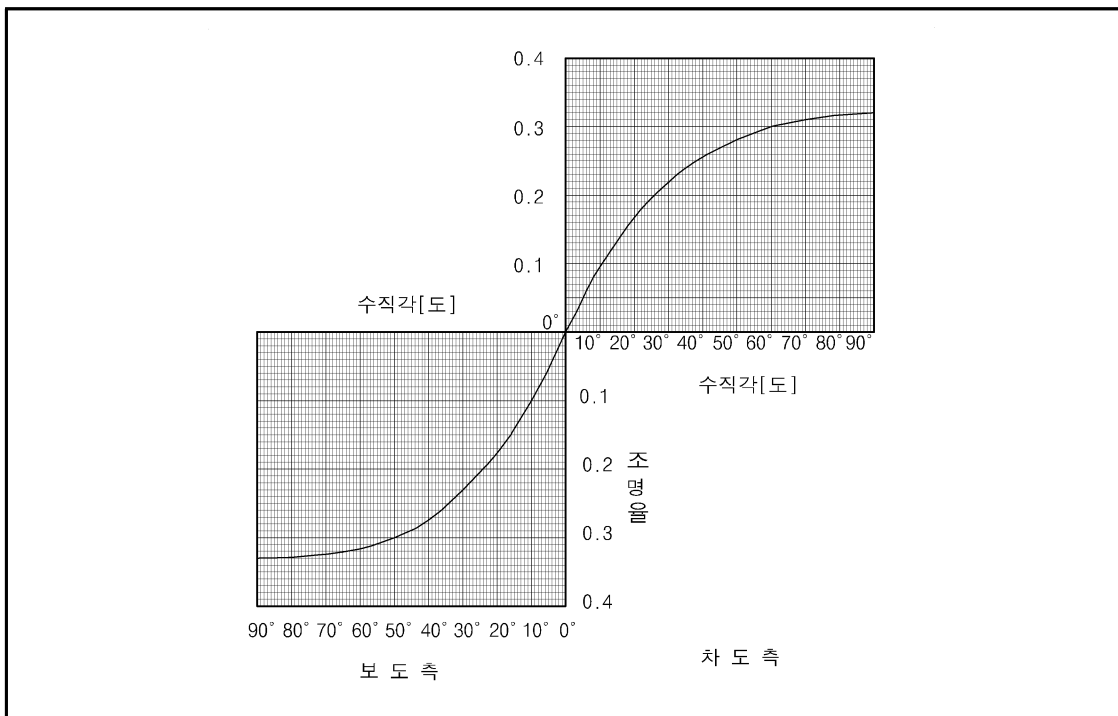
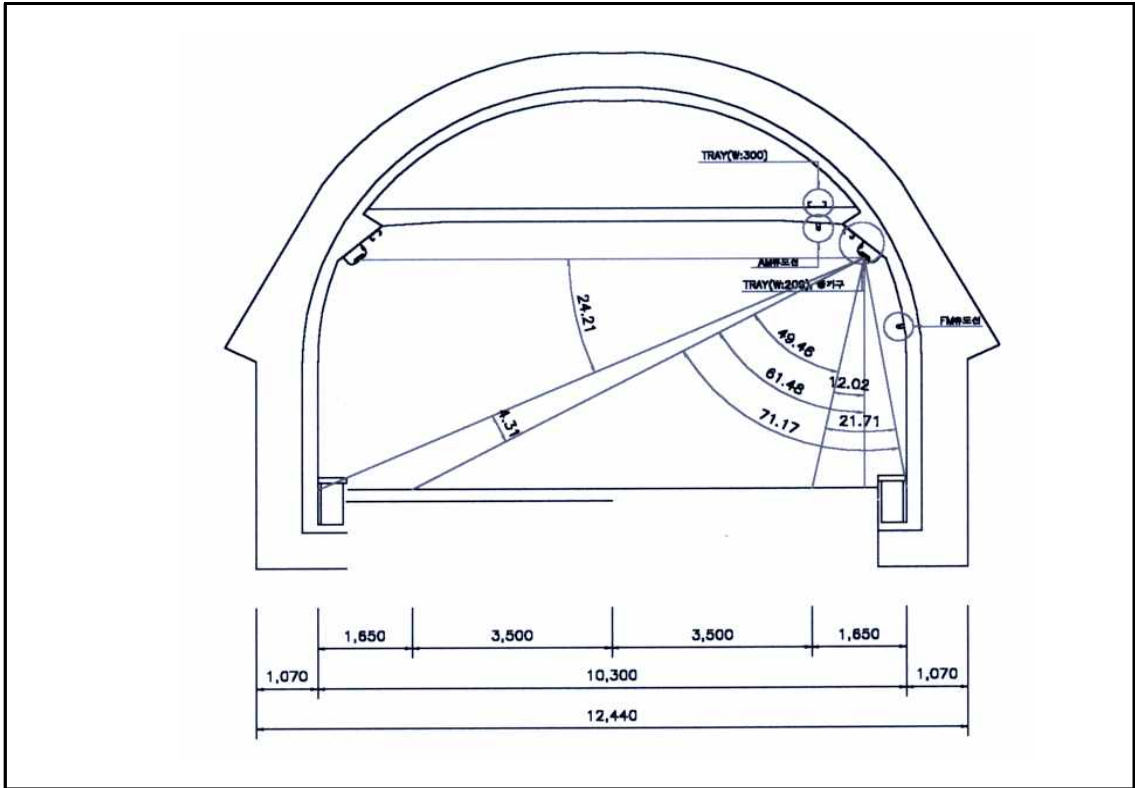
따라서 터널 조명용 광원으로는 경제성, 호환성 등을 고려해 고효율 저압 나트륨 등을 설치 하였으며 이의 특징은 다음과 같다.

1. 광원중 최고의 고효율이다.
2. 투과율이 우수하다.
3. 고효율로 케이블 및 수전시설의 비용이 적게 들고 에너지가 절약된다.

자) 조명기구 선정

조명기구는 광원으로부터 나오는 빛을 제어하고 배광과 휘도, 눈부심 감소등, 조명목적에 적합하게 광원을 보호하는 역할을 한다. 본 설계에서는 추후 유지보수 측면과 청소 등을 감안하여 차량의 매연, 습기등 터널의 열악한 환경에서도 견딜 수 있고, 기존의 합성수지는 재활용이 불가능하지만 환경친화적이고 재활용이 가능한 스테인레스 터널등기구를 사용한다.

카) 조명을 계산



1) 조명율 계산 : 저압나트륨램프 (131W, 66W)

피조면적내에 도달한 광속이 광원 전광속에 대한 비율로 광원, 조명기구, 기타 취부위치 및 배광, 노면, 벽면, 천정면의 반사율로 결정되나 터널형태의 조명기구 취부위치로서 그 등구의 조명율곡선을 참고하여 조명율을 계산하면 다음과 같다.

$$U_4' = U_{40}' + \frac{W}{W_0} \times [(A_{41} \cdot U_{10} + A_{42} \cdot U_{20} + A_{43} \cdot U_{30} + A_{44} \cdot U_{40}) - U_{40}]$$

상기의 반사각도 및 조명율곡선에 의해서 각면에 대한 직사조명율을 구하면

$$\text{천 정 면} : U_{10} = U_{(90^\circ)} - U_{(24^\circ)} = 0.330 - 0.173 = 0.157$$

$$\text{벽면우측} : U_{20} = U_{(90^\circ)} - U_{(71^\circ)} = 0.330 - 0.310 = 0.020$$

$$\text{벽면좌측} : U_{30} = U_{(28^\circ)} - U_{(4^\circ)} = 0.200 - 0.030 = 0.170$$

$$\text{전 노 면} : U_{40} = U_{(4^\circ)} + U_{(-71^\circ)} = 0.030 + 0.310 = 0.340$$

$$\text{차 도 면} : U_{40}' = U_{(0^\circ)} + U_{(-50^\circ)} = 0 + 0.305 = 0.305$$

상호 반사에 따른 조명율 상승을 구할 경우

계수 A_{41} , A_{42} , A_{43} , A_{44} 는 도로면 전체폭 W_0 와 등기구 취부고 H 와의 비에 의하므로

$$W_0 = 10.3\text{m}, \quad H = 4.3\text{m}, \quad W_0/H = 10.3/4.3 = 2.4 \text{ 이고 각 면의 반사율은}$$

천정면 (콘크리트마감) 반사율 $\rho_1 = 25\%$, 벽면 (백색타일이나 반사율 낮음)의 평균반사율 $\rho_2 = 40\%$,

바닥면 (아스팔트마감) 반사율 $\rho_3 = 10\%$ 로 선정하여 직사조명율 표에 의해 계수를 구하면

$$A_{41} = 0.187, \quad A_{42}, A_{43} = 0.210, \quad A_{44} = 1.019 \text{이다.}$$

그러나 도로면 전폭 및 차도폭에 대해 상호 반사의 영향이 있으므로 전노면의 조명율

$$\begin{aligned} U_4 &= A_{41} \cdot U_{10} + A_{42} \cdot (U_{20} + U_{30}) + A_{44} \cdot U_{40} \\ &= (0.187 \times 0.157) + 0.210 \times (0.020 + 0.170) + (1.019 \times 0.340) \\ &= 0.415 \end{aligned}$$

∴ 차도의 조명율

$$U_4' = U_{40}' + \frac{W}{W_0} (U_4 - U_{40}) = \left[0.305 + \frac{7.0}{10.3} \times (0.415 - 0.340) \right] = 0.356$$

노면 반사율표 0.10

W ₀ / H	천 정 반사율	벽 면 반사율	A ₄₁	A ₄₂ , A ₄₃	A ₄₄	W ₀ / H	천 정 반사율	벽 면 반사율	A ₄₁	A ₄₂ , A ₄₃	A ₄₄	
1.6	0.10	0.25	0.060	0.103	1.008	2.2	0.10	0.25	0.069	0.112	1.008	
		0.40	0.064	0.173	1.011			0.40	0.072	0.186	1.011	
		0.60	0.069	0.280	1.016			0.60	0.076	0.295	1.015	
	0.25	0.25	0.153	0.112	1.013		0.25	0.25	0.25	0.174	0.123	1.016
		0.40	0.162	0.190	1.017			0.40	0.182	0.206	1.019	
		0.60	0.176	0.310	1.024			0.60	0.194	0.329	1.024	
	0.40	0.25	0.248	0.122	1.019		0.40	0.25	0.25	0.283	0.135	1.023
		0.40	0.264	0.208	1.024			0.40	0.297	0.227	1.027	
		0.60	0.289	0.341	1.031			0.60	0.318	0.365	1.033	
1.8	0.10	0.25	0.064	0.106	1.008	2.4	0.10	0.25	0.071	0.114	1.009	
		0.40	0.067	0.178	1.011			0.40	0.074	0.189	1.011	
		0.60	0.072	0.286	1.016			0.60	0.078	0.298	1.015	
	0.25	0.25	0.161	0.116	1.014		0.25	0.25	0.25	0.180	0.126	1.016
		0.40	0.170	0.196	1.018			0.40	0.187	0.210	1.019	
		0.60	0.183	0.318	1.024			0.60	0.199	0.334	1.024	
	0.40	0.25	0.261	0.127	1.021		0.40	0.25	0.25	0.292	0.138	1.024
		0.40	0.277	0.215	1.025			0.40	0.305	0.232	1.028	
		0.60	0.301	0.351	1.032			0.60	0.325	0.371	1.034	
2.0	0.10	0.25	0.066	0.109	1.008	2.6	0.10	0.25	0.073	0.115	1.009	
		0.40	0.069	0.182	1.011			0.40	0.075	0.191	1.011	
		0.60	0.074	0.291	1.016			0.60	0.079	0.301	1.015	
	0.25	0.25	0.168	0.120	1.015		0.25	0.25	0.25	0.185	0.128	1.017
		0.40	0.177	0.202	1.019			0.40	0.192	0.213	1.020	
		0.60	0.189	0.324	1.024			0.60	0.202	0.337	1.024	
	0.40	0.25	0.273	0.131	1.022		0.40	0.25	0.25	0.299	0.141	1.025
		0.40	0.288	0.222	1.026			0.40	0.315	0.236	1.029	
		0.60	0.310	0.359	1.033			0.60	0.331	0.375	1.035	

2) 조도계산

가. 사용등기구 및 광속

저압나트륨등

131W : 26,000 (lm), 66W : 11,000 (lm)

나. 각 구간별 조도기준

구 분	경계부	이 행 부(90m)				완 화 부(160m)				기본부	출구부	
		1	2	3	4	1	2	3	4			
길 이(m)	50	25	25	20	20	40	40	40	40	-	70	
기준조도(Lx)	1,440	1,368	1,224	1,050	878	633	360	201	115	110	400	
설계 조도 (Lx)	맑은날	1,541	1,500	1,345	1,173	952	714	465	291	187	134	493
	흐린날	952	910	755	642	559	517	289	207	-		314
거 리 (m) (상행선)	5.4x10 =54.0	5.4x5 =27.0	5.4x5 =27.0	6.0x4 =24.0	5.4x4 =21.6	5.4x8 =43.2	6.0x7 =42.0	5.4x8 =43.2	6.0x7 =42.0	5.0x224 =1120.0	5.0x14 =70.0	
거 리 (m) (하행선)												
설치 수량	SOX131W											
	SOX66W											

각 구간별 조도계산

상기에 의하여 정리를 하면

U : 0.356 M : 0.4 N : 2 W : 7.0m가 되어 구간별로 계산을 한다.

가. 기본부 구간

1) 기본부 조명 : 기준조도 - 110 (lx)

$$\text{식 1. } E = \frac{N \cdot F \cdot U \cdot M}{E \cdot W} \quad (\text{m})$$

단, 배열계수, 조명율, 보수율, 차도폭등이 변함이 없을경우 식을 변형시키면 다음과 같다.

$$\text{식 2. } F = \frac{E \cdot W \cdot S}{N \cdot U \cdot M} = K \cdot E \cdot S \quad (\text{K는 정수})$$

$$K = \frac{W}{N \cdot U \cdot M}$$

·사 용 램 프 : 저압나트륨램프66W (11,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$K = \frac{W}{N \cdot U \cdot M} = \frac{7.0}{2 \times 0.356 \times 0.4} = 24.5$$

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.5 \times 110 \times S = 2,695 S$$

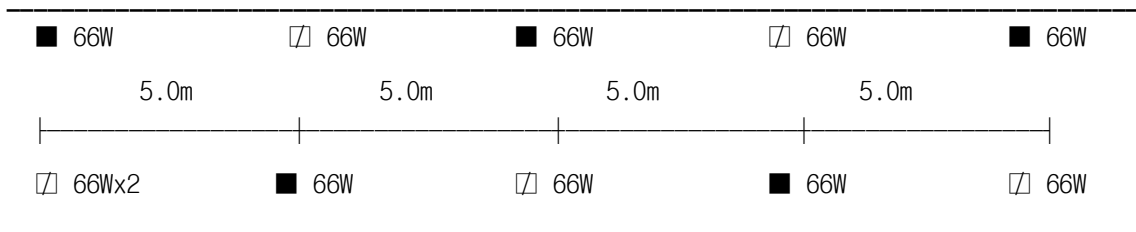
$$11,000 \times 1.5$$

$$S = \frac{2,695}{11,000 \times 1.5} = 6.12\text{m}$$

여기서 휘도분포 및 눈부심 현상을 감안한 등기구 설치를 피하여야하는 범위는 다음과 같다.

$$S \leq 2.5H \quad S \leq 2.5 \times 4.3 = 10.75$$

따라서 기본부 조명에서는 눈부심현상을 감안하여 5m 정하고 기구의 배치계획은 다음과 같다.



주) 조명기구배치에서 ■표시는 상시점등(비상등) □주간상시등-66W/2등용((야간1/2소등, 심야전체소등) 표시하였다.

상기의 배치계획에 의하여 조도를 계산하면

$$E = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{11,000 \times 1.5}{24.5 \times 5.0} = 134 \quad (\text{lx})$$

2) 기본부 야간조명 : 기준조도 - 60 (lx)

$$\text{식 1. } E = \frac{N \cdot F \cdot U \cdot M}{E \cdot W} \quad (\text{m})$$

단, 배열계수, 조명율, 보수율, 차도폭등이 변함이 없을경우 식을 변형시키면 다음과 같다.

$$\text{식 2. } F = \frac{E \cdot W \cdot S}{N \cdot U \cdot M} = K \cdot E \cdot S \quad (K \text{는 정수})$$

$$K = \frac{W}{N \cdot U \cdot M}$$

·사 용 램 프 : 저압나트륨램프 66W (11,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$K = \frac{W}{N \cdot U \cdot M} = \frac{7.0}{2 \times 0.356 \times 0.4} = 24.5$$

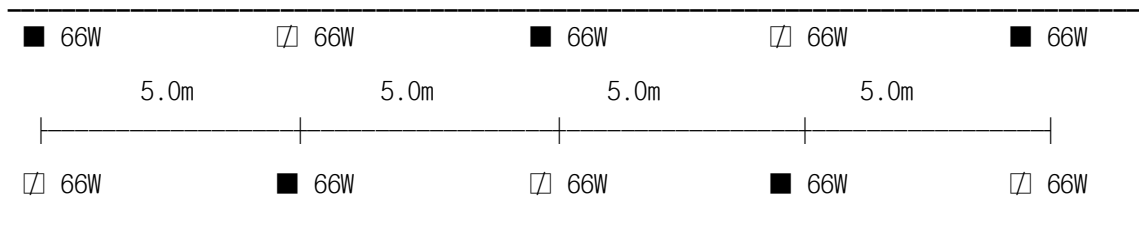
$$F = K \cdot E \cdot S = 24.5 \times 110 \times S = 2,695 \text{ S}$$

$$S = \frac{11,000 \times 1.5}{2,695} = 6.12\text{m}$$

여기서 휘도분포 및 눈부심 현상을 감안한 등기구 설치를 피하여야하는 범위는 다음과 같다.

$$S \leq 2.5H \quad S \leq 2.5 \times 4.3 = 10.75$$

따라서 기본부 야간 조명에서는 눈부심현상을 감안하여 5m 정하고 기구의 배치계획은 다음과 같다.



주) 조명기구배치에서 ■표시는 상시점등(비상등) □주간상시등-66W/2등용((야간1/2소등, 심야전체소등) 표시하였다.

상기의 배치계획에 의하여 조도를 계산하면

$$E = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{11,000 \times 1.0}{24.5 \times 5.0} = 89 \text{ (lx)}$$

3) 기본부 심야 조명 : 기준조도 - 40 (lx)

$$\text{식 1. } E = \frac{N \cdot F \cdot U \cdot M}{E \cdot W} \quad (\text{m})$$

단, 배열계수, 조명율, 보수율, 차도폭등이 변함이 없을경우 식을 변형시키면 다음과 같다.

$$\text{식 2. } F = \frac{E \cdot W \cdot S}{N \cdot U \cdot M} = K \cdot E \cdot S \quad (K \text{는 정수})$$

$$K = \frac{W}{N \cdot U \cdot M}$$

·사 용 램 프 : 저압나트륨램프 66W (11,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$K = \frac{W}{N \cdot U \cdot M} = \frac{7.0}{2 \times 0.356 \times 0.4} = 24.5$$

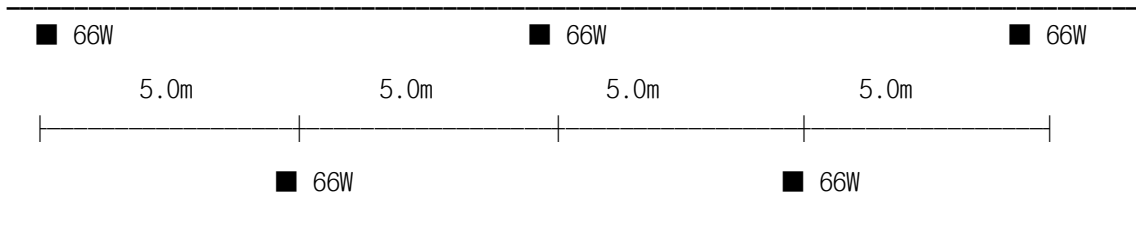
$$F = K \cdot E \cdot S = 24.5 \times 40 \times S = 980 \text{ S}$$

$$S = \frac{11,000 \times 1}{980} = 11.2\text{m}$$

여기서 휘도분포 및 눈부심 현상을 감안한 등기구 설치를 피하여야하는 범위는 다음과 같다.

$$S \leq 2.5H \quad S \leq 2.5 \times 4.3 = 10.75$$

따라서 기본부 야간 조명에서는 눈부심현상을 감안하여 10m 정하고 기구의 배치계획은 다음과 같다.



주) 조명기구배치에서 ■표시는 상시점등(비상등) □주간상시등-66W/2등용((야간1/2소등, 심야전체소등) 표시하였다.

상기의 배치계획에 의하여 조도를 계산하면

$$E = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{11,000 \times 1}{24.5 \times 10.0} = 44 \text{ (lx)}$$

나. 경계부 구간

·기준조도 : 1,440 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm), 131W (26,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.5 \times 1,440 \times S = 35,280 \text{ S}$$

기본부 조명기구 취부간격 5.4m를 고려한 총광속

$$F_t = 35,280 \times 5 = 174,400$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - (11,000 \times 1.5) = 174,400 - 16,500 = 159,900$$

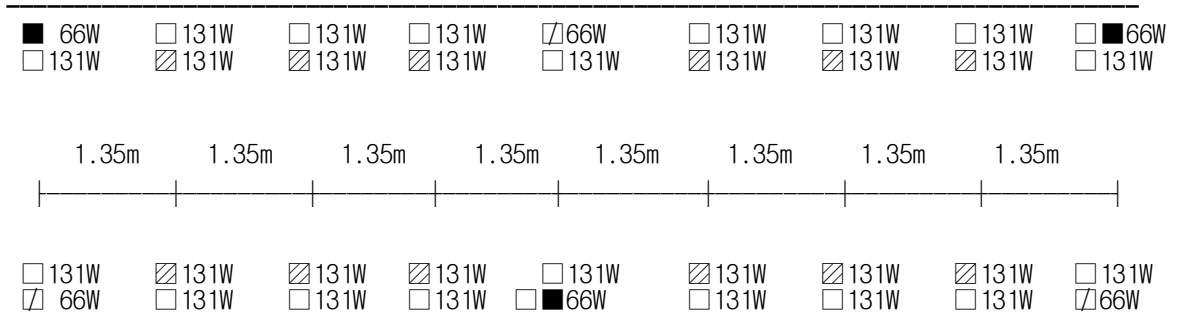
131W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$159,900 / 26,000 = 6.15 \text{ 인데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(26,000 \times 7) + (11,000 \times 2)}{35,280} = 5.78 \text{ m 인데}$$

따라서 경계부구간에서는 5.4m를 4등분하여 1.35m 간격으로 2열 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■ 표시는 상시등(비상등) ▨ 주간상시등-66W/2등용((야간1/2소등, 심야전체소등) ▩ 주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(E_c)와 흐린날(E_r)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 7) + (11,000 \times 2)}{24.5 \times 5.4} = 1,541 \text{ (lx)}$$

$$\text{흐린날 조도}(E_r) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 4) + (11,000 \times 2)}{24.5 \times 5.4} = 952 \text{ (lx)}$$

다. 이행부 구간

1) 이행부 1단계 구간

·기준조도 : 1,368 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm), 131W (26,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.5 \times 1,368 \times S = 33,516 S$$

기본부 조명기구 취부간격 5m를 고려한 총광속

$$F_t = 33,516 \times 5 = 167,580$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - (11,000 \times 1.5) = 167,580 - 16,500 = 151,080$$

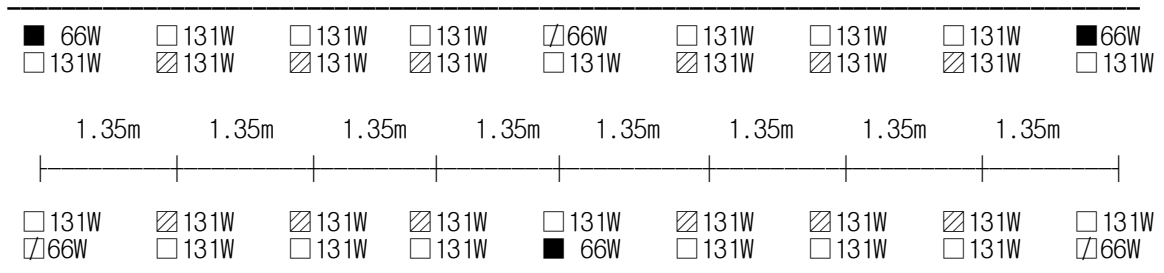
131W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$151,080 / 26,000 = 5.81\text{개인데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(26,000 \times 7) + (11,000 \times 1.5)}{33,516} = 5.9\text{m 인데}$$

따라서 이행부 1단계구간에서는 5.4m를 4등분하여 1.35m 간격으로 2열 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■표시는 상시등(비상등) ▨주간 상시등-66W/2등용((야간1/2소등, 심야전체소등) ▩주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(E_c)와 흐린날(E_r)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 7) + (11,000 \times 1.5)}{24.5 \times 5.4} = 1,500 \text{ (lx)}$$

$$\text{흐린날 조도}(E_r) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 4) + (11,000 \times 1.5)}{24.5 \times 5.4} = 910 \text{ (lx)}$$

2) 이행부 2단계 구간

·기준조도 : 1,224 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm), 131W (26,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.5 \times 1,224 \times S = 29,988 \text{ S}$$

기본부 조명기구 취부간격 5m를 고려한 총광속

$$F_t = 29,988 \times 5 = 149,940$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - (11,000 \times 1.5) = 149,940 - 16,500 = 133,440$$

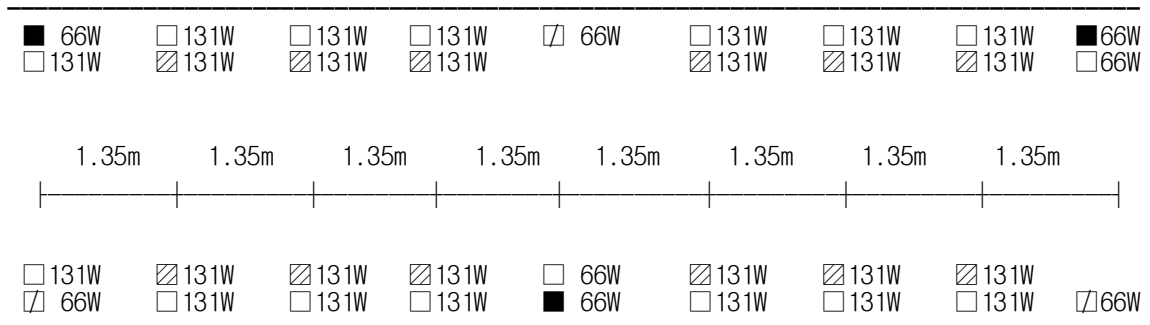
131W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$133,440 / 26,000 = 5.13 \text{ 개 인 데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(26,000 \times 6) + (11,000 \times 1.5)}{29,988} = 5.75 \text{ m 인 데}$$

따라서 이행부 2단계구간에서는 5.4m를 4등분하여 1.35m 간격으로 1열 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■표시는 상시등(비상등) ▨주간 상시등-66W/2등용((야간1/2소등, 심야전체소등) ▩주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(E_c)와 흐린날(E_r)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 6) + (11,000 \times 2)}{24.5 \times 5.4} = 1,345 \text{ (lx)}$$

$$\text{흐린날 조도}(E_r) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 3) + (11,000 \times 2)}{24.5 \times 5.4} = 755 \text{ (lx)}$$

3) 이행부 3단계 구간

·기준조도 : 1,050 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm), 131W (26,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.5 \times 1,050 \times S = 25,725 S$$

기본부 조명기구 취부간격 5m를 고려한 총광속

$$F_t = 25,725 \times 5 = 128,625$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - (11,000 \times 1.5) = 128,625 - 16,500 = 112,125$$

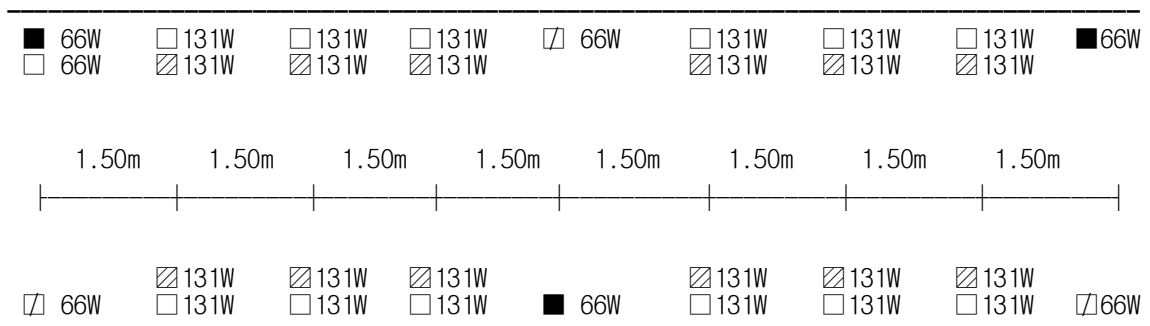
131W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$112,125 / 26,000 = 4.31 \text{ 인데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(26,000 \times 6) + (11,000 \times 1.5)}{25,725} = 6.70m \text{ 인데}$$

따라서 이행부 3단계구간에서는 6.0m를 4등분하여 1.5m 간격으로 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■표시는 상시등(비상등) □주간 상시등-66W/2등용(야간1/2소등, 심야전체소등) ▨주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(E_c)와 흐린날(E_r)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 6) + (11,000 \times 1.5)}{24.5 \times 6.0} = 1,173 \text{ (lx)}$$

$$\text{흐린날 조도}(E_r) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 3) + (11,000 \times 1.5)}{24.5 \times 6.0} = 642 \text{ (lx)}$$

4) 이행부 4단계 구간

·기준조도 : 878 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm), 131W (26,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.5 \times 878 \times S = 21,511 S$$

기본부 조명기구 취부간격 5m를 고려한 총광속

$$F_t = 21,511 \times 5 = 107,555$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - (11,000 \times 1.5) = 107,555 - 16,500 = 91,055$$

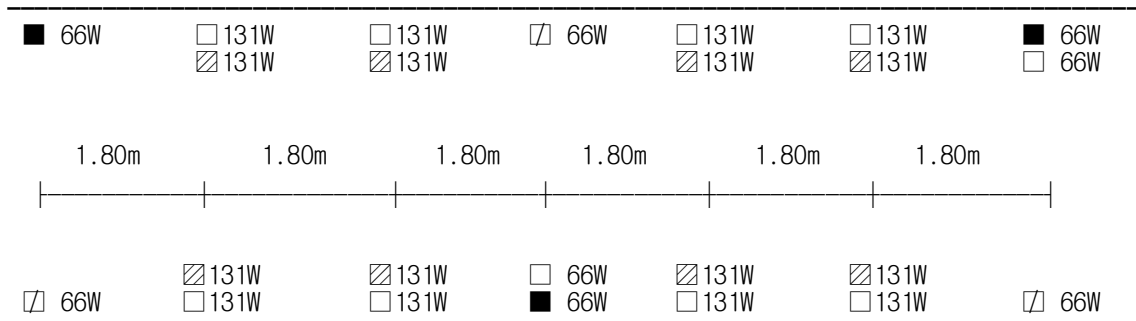
131W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$90,055 / 26,000 = 3.50 \text{ 인데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(26,000 \times 4) + (11,000 \times 1.5)}{21,511} = 5.60m \text{ 인데}$$

따라서 이행부 4단계구간에서는 5.4m를 3등분하여 1.8m 간격으로 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■표시는 상시등(비상등) □주간 상시등-66W/2등용(야간1/2소등, 심야전체소등) ▨주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(Ec)와 흐린날(Er)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 4) + (11,000 \times 2)}{24.5 \times 5.4} = 952 \text{ (lx)}$$

$$\text{흐린날 조도}(E_r) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 2) + (11,000 \times 2)}{24.5 \times 5.4} = 559 \text{ (lx)}$$

라. 완화부 구간

1) 완화부 1단계 구간

·기준조도 : 633 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm), 131W (26,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.5 \times 633 \times S = 15,508 S$$

기본부 조명기구 취부간격 5m를 고려한 총광속

$$F_t = 15,508 \times 5 = 77,540$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - (11,000 \times 1.5) = 77,540 - 16,500 = 61,040$$

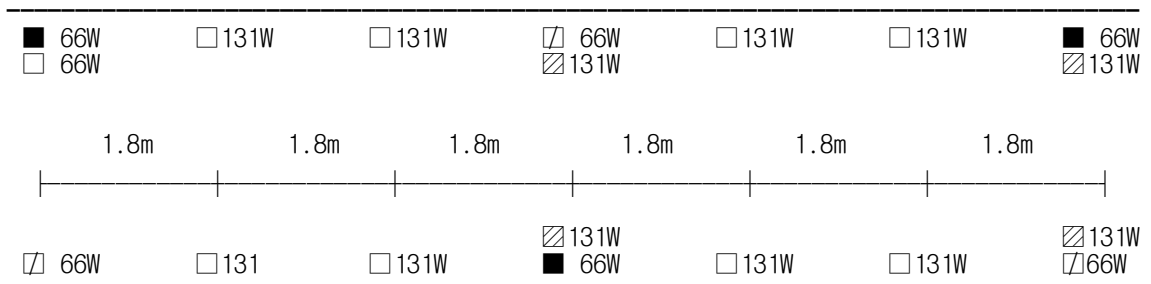
131W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$61,040 / 26,000 = 2.34\text{개인데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(26,000 \times 3) + (11,000 \times 1.5)}{15,508} = 6.09\text{m 인데}$$

따라서 완화부 1단계구간에서는 5.4m를 3등분하여 1.8m 간격으로 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■표시는 상시등(비상등) ▨주간 상시등-66W/2등용(야간1/2소등,

심야전체소등) ▨ 주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(E_c)와 흐린날(E_r)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 3) + (11,000 \times 1.5)}{24.5 \times 5.4} = 714 \text{ (lx)}$$

$$\text{흐린날 조도}(E_r) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 2) + (11,000 \times 1.5)}{24.5 \times 5.4} = 517 \text{ (lx)}$$

2) 완화부 2단계 구간

·기준조도 : 360 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm), 131W (26,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.5 \times 360 \times S = 8,820 S$$

기본부 조명기구 취부간 5m를 고려한 총광속

$$F_t = 8,820 \times 5 = 44,100$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - (11,000 \times 1.5) = 44,100 - 16,500 = 27,600$$

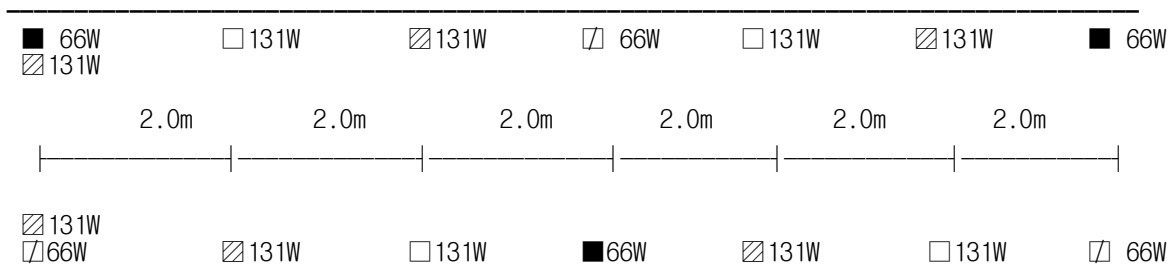
66W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$27,600 / 26,000 = 1.06 \text{개인데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(26,000 \times 2) + (11,000 \times 1.5)}{8,820} = 7.7m \text{ 인데}$$

따라서 완화부 2단계구간에서는 6.0m를 3등분하여 2.0m 간격으로 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■표시는 상시등(비상등) □주간 상시등-66W/2등용(야간1/2소등,

심야전체소등) ▨주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(E_c)와 흐린날(E_r)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 2) + (11,000 \times 1.5)}{24.5 \times 6.0} = 465 \text{ (lx)}$$

$$\text{흐린날 조도}(E_r) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 1) + (11,000 \times 1.5)}{24.5 \times 6.0} = 289 \text{ (lx)}$$

3) 완화부 3단계 구간

·기준조도 : 201 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.5 \times 201 \times S = 4,924 S$$

기본부 조명기구 취부간격 5m를 고려한 총광속

$$F_t = 4,924 \times 5 = 24,620$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - (11,000 \times 1.5) = 24,620 - 16,500 = 8,120$$

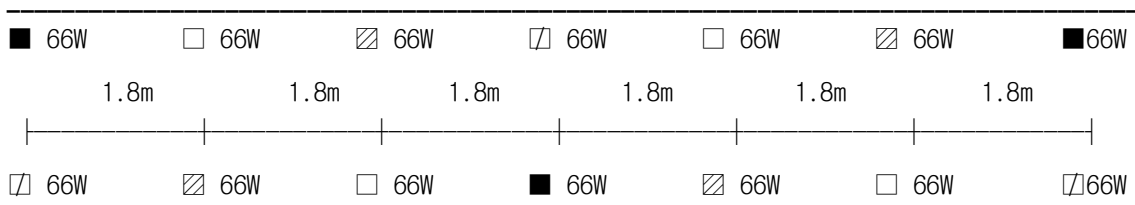
66W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$8,120 / 11,000 = 0.73\text{개인데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(11,000 \times 3)}{4,924} = 6.7\text{m 인데}$$

따라서 완화부 3단계구간에서는 5.4m를 3등분하여 1.8m 간격으로 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■표시는 상시등(비상등) ↗주간 상시등-66W/2등용(야간1/2소등, 심야전체소등) ↘주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(E_c)와 흐린날(E_r)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(11,000 \times 2) + (11,000 \times 1.5)}{24.5 \times 5.4} = 291 \text{ (lx)}$$

$$\text{흐린날 조도}(E_r) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(11,000 \times 1) + (11,000 \times 1.5)}{24.5 \times 5.4} = 207 \text{ (lx)}$$

4) 완화부 4단계 구간

·기준조도 : 115 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.5 \times 115 \times S = 2,817 S$$

기본부 조명기구 취부간격 5m를 고려한 총광속

$$F_t = 2,817 \times 5 = 14,085$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - (11,000 \times 1.5) = 14,085 - 16,500 = -2,415 \text{lm}$$

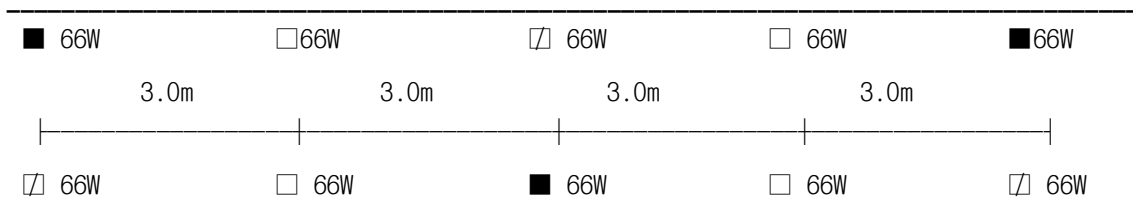
66W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$2,415 / 11,000 = 0.21 \text{개 인데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{11,000 + (11,000 \times 1.5)}{2,415} = 11.3 \text{m 인데}$$

따라서 완화부 4단계구간에서는 6 m를 2등분하여 3.0m 간격으로 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■표시는 상시등(비상등) ▨주간 상시등-66W/2등용(야간1/2소등,

심야전체소등) ▩주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(E_c)와 흐린날(E_r)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(11,000 \times 1) + (11,000 \times 1.5)}{24.5 \times 6.0} = 187 \text{ (lx)}$$

마) 출구부

·기준조도 : 400 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.5 \times 400 \times S = 9,800 S$$

기본부 조명기구 취부간 5m를 고려한 총광속

$$F_t = 9,800 \times 5 = 49,000$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - (11,000 \times 1.5) = 49,000 - 16,500 = 32,500$$

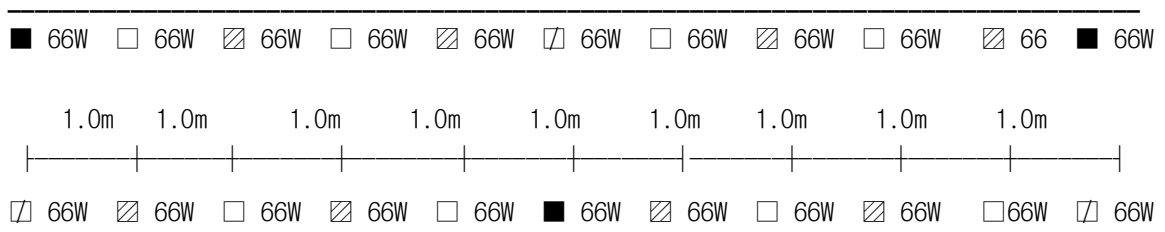
66W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$32,500 / 11,000 = 2.95\text{개인데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(11,000 \times 4) + (11,000 \times 1 \times 1.5)}{9,800} = 6.17 \text{ m 인데}$$

따라서 출구부구간에서는 5.0m를 5등분하여 1.0m 간격으로 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■표시는 상시등(비상등) ▨주간 상시등-66W/2등용(야간1/2소등, 심야전체소등) ▨주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(E_c)와 흐린날(E_r)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(11,000 \times 4) + (11,000 \times 1.5)}{24.5 \times 5.0} = 493 \text{ (lx)}$$

$$\text{흐린날 조도}(E_r) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(11,000 \times 2) + (11,000 \times 1.5)}{24.5 \times 5.0} = 314 \text{ (lx)}$$

3.3 설계조건 (하행선)

3.3.1 공사명 : 남산 1 호 터널 전기 개보수 공사

3.3.2 터널의 조건

구 분		남 산 1 호 널 - 하 행 선
설 계 속 도		60 km/h
야외휘도	입구부	2,000cd/m ²
교 통 량		40,000대/일
터 널 길 이		하 : 1530.0m
구 배		± 3.0% 이상
통 행 방 식		자동차 전용 2차로
도 로 전 폭		8.8m
차 로 폭		7.0m
조명등 설치 높이		4.3m
조명등 배열 방식		마주보기 배열
터널 내장재	천 정	콘크리트
	벽 면	타 일
	노 면	아스팔트

3.3.3 설계기준

가) 입구부의 설정되는 야외휘도 검토(터널조명기준 KSA 3703-1992)

1) 터널입구부의 설정되는 야외휘도는 터널입구에서 시거만큼 앞쪽에 있는 운전자의 눈 위치에서 본, 터널을 중심으로 한 시각지름 20° 인 시야의 평균휘도로서

나) 야외휘도 선정

- 1) 터널입구부근의 시야 상황을 검토한 결과 입구부근의 시야 상황이 서로 10 [%] 임.
- 2) 설계속도가 60 [km] 이고
- 3) 지형상 운전자의 20° 시야내에 점하는 공간의 비율이 10 [%] 이므로
- 4) 주위의 상황은 도심지대로 터널의 남북으로 되어있고 입구부의 부근이 흰색 건물등이 많아 야외휘도를 표1.1 설정되는 야외휘도에서 2,000 [cd/m²] 으로 적용.

표1.1 설정되는 야외휘도(KSA 3703-1992)

설계속도 [km/h]	20도 시야(°) 내에 점하는 공간의 비율 [%]							
	20 이상		20~10		10~5		5 미만	
	주위의 상황 단위 : cd/m ²							
	밝음	보통	밝음	보통	밝음	보통	밝음	보통
100	6,000	5,000	5,000	3,000	4,000	2,500	4,000	2,000
80								
60	5,000	4,000	4,000	2,500	3,000	2,000	3,000	1,500
40								
적용								

주(°)이 시야는 터널입구에서 시거만큼 앞쪽에 있는 운전자가 터널을 볼 경우의 것이다.

다) 야외휘도에 곱하는 계수 선정

- 입구부의 노면휘도는 터널입구부근의 운전자 시야상황에 따라 정해지는 야외휘도의 값에 설계속도에 따라 정해지는 표1.2 야외휘도에 곱하는 계수를 적용.

표1.2 야외휘도에 곱하는 계수(KSA 3703-1992)

설계속도 [km/h]	계수
100	0.07
80	0.05
60	0.04
40	0.03

라) 평균조도 환산계수

- 평균노면휘도 [cd/m²] 를 평균노면조도 [lx] 로 환산하는 계수

표1.3 평균조도 환산계수(도로안전시설 설치 및 관리지침 - 건설교통부 1999)

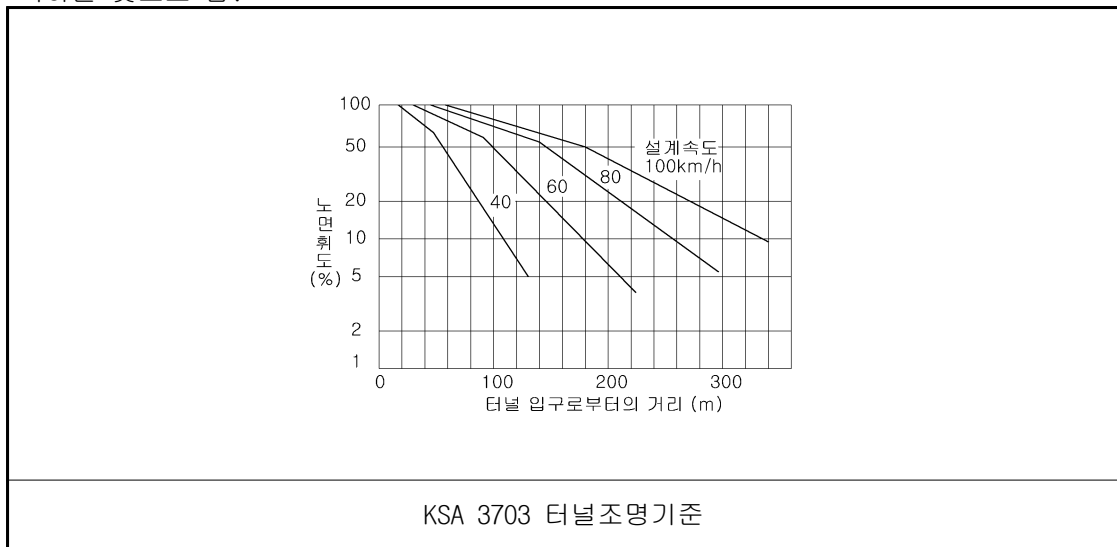
노면상태	평균조도 환산계수	적용
콘크리트	13 [lx/cd/m ²]	
아스팔트	18 [lx/cd/m ²]	○

마) 조도기준 설정

1) 입구부 조명

가. 경계부의 노면휘도는 터널입구부근의 운전자 시야상황에 따라 정해지는 야외휘도의 연간 출현빈도를 고려하여 설정되는 값에 , 설계속도에 따라 정해지는 계수를 곱한 값으로 설정

나. 이행부 및 완화부의 노면휘도는 경계부의 노면휘도 값을 100%로 하여 그림과 같이 터널입구부터의 거리에 따라 감소시키고, 기본부 조명의 노면휘도 값에 매끄럽게 접속하는 것으로 함.



2) 기본부 조명

가. 기본부 조명의 평균 노면휘도는 설계속도에 따라 다르며

나. 현 남산1호터널은 시야확보가 어렵고 터널의 체적이 작으며 일일 교통량이 타 터널에 비해서 많기 때문에(터널은 장터널에 속한다) 터널내의 오염이 심하다. 터널내의 공기투과율이 오염에 의해 낮으므로 평균노면휘도를 6.0(cd/m²)으로 상향조정하였다.

표1.4 기본부 조명의 평균노면휘도 [KSA 3703-1992]

설계속도 [km/h]	평균 노면휘도 [cd/m ²]	적 용
100	9.0	
80	4.5	
60	2.3	
40	1.5	

바) 구간별 조도기준 계산

* 현 남산1호터널은 경부고속도로와 연결도로로서 가까운거리에 있고, 반대편 청계고가도로 (설계속도 70km)와도 바로연결되어 있어 차량속도가 80km정도이며 실제로 터널내의 차량속도를 측정한 데이터를 참고하면 평균 73km~81km이므로(남산권 교통관리센터 소장 자료제공 (2002.07.19)-별첨 참조)이를 본 설계에 충분히 고려하여 반영한다.

- 1) 입구부 평균조도 [lx] = 야외휘도 [cd/m²] × 노면휘도 저감율 [%] × 야외휘도에 곱하는 계수 × 평균조도 환산계수 [lx/cd/m²]
- 2) 기본부 평균조도 [lx] = 평균노면휘도 [cd/m²] × 평균조도 환산계수 [lx/cd/m²]

구 분		평균 조도 계산	적용기준 조도(lx)	
야외휘도	구 간			
2,000 [cd/m ²]	경계부	2,000 [cd/m ²] × 100 [%] × 0.04 × 18 [lx/cd/m ²] = 1,440 [lx]	1,440	
	이 행 부	1단계	2,000 [cd/m ²] × 95 [%] × 0.04 × 18 [lx/cd/m ²] = 1,368 [lx]	1,368
		2단계	2,000 [cd/m ²] × 85 [%] × 0.04 × 18 [lx/cd/m ²] = 1,224 [lx]	1,224
		3단계	2,000 [cd/m ²] × 73 [%] × 0.04 × 18 [lx/cd/m ²] = 1,050 [lx]	1,050
		4단계	2,000 [cd/m ²] × 61 [%] × 0.04 × 18 [lx/cd/m ²] = 878 [lx]	878
	완 화 부	1단계	2,000 [cd/m ²] × 44 [%] × 0.04 × 18 [lx/cd/m ²] = 633 [lx]	633
		2단계	2,000 [cd/m ²] × 25 [%] × 0.04 × 18 [lx/cd/m ²] = 360 [lx]	360
		3단계	2,000 [cd/m ²] × 14 [%] × 0.04 × 18 [lx/cd/m ²] = 201 [lx]	201
		4단계	2,000 [cd/m ²] × 8 [%] × 0.04 × 18 [lx/cd/m ²] = 115 [lx]	115
	기 본 부		6.0 [cd/m ²] × 18 [lx/cd/m ²] = 108 [lx]	110

사) 보수율

본 터널에서는 교통량이 약 40,000 [대/일] 이상이고 구배가 2%이상이며 터널길이가 1530m 이므로 다음 보수율 표를 인용하여 0.4를 적용하였다.

표1.5 보수율(도로안전시설 설치 및 관리지침 - 건설교통부 1999)

터널상황 교통량[대/일]	길이 [m] 오름구배%	1,500[m] 이상		500[m]이상 ~ 1,500[m]미만		500[m] 미만	
		2% 이상	2% 미만	2% 이상	2% 미만	2% 이상	2% 미만
20,000[대/일] 이상		0.4	0.5	0.5	0.55	0.55	0.6
10,000~20,000[대/일] 미만		0.45	0.55	0.55	0.6	0.6	0.65
5,000~10,000[대/일] 미만		0.5	0.6	0.6	0.65	0.65	0.7
5,000[대/일] 미만		0.55	0.65	0.65	0.7	0.7	0.75

아) 광원의 선정

터널 조명에 사용되는 광원은 종류, 크기, 효율, 광색, 휘도 수명 등을 고려하여 터널 조건에 가장 적합한 것을 사용한다.

종 류	고효율 형광램프 (2파장)	고압나트륨램프	저압나트륨램프
용 량 (W)	32W × 3등	100 ~ 250	36 ~ 131
효 율 (lm/W)	95	80 ~ 100	116 ~ 198
수 명 (h)	8,000	12,000	9,000
점등부속 장 치	안정기 필요	안정기 필요	안정기 필요
광 원 의 장·단점	<ul style="list-style-type: none"> ▪효율이 다소 높음. ▪순시 재점등 가능 ▪배광제어가 쉽다. ▪황녹색 광원으로 색상 시인성 우수 ▪저온에서 불점등 및 광속 저하. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪효율이 낮다. ▪순시 재점등 불가능 ▪배광제어가 쉽다. ▪수명이 길다. ▪국산품으로 구입 용이 	<ul style="list-style-type: none"> ▪효율이 높음. 에너지 절감 ▪순시 재점등 가능 ▪배광제어가 쉽다. ▪등황색으로 색상 시인성 나쁨. ▪외산 자재
적 용			○

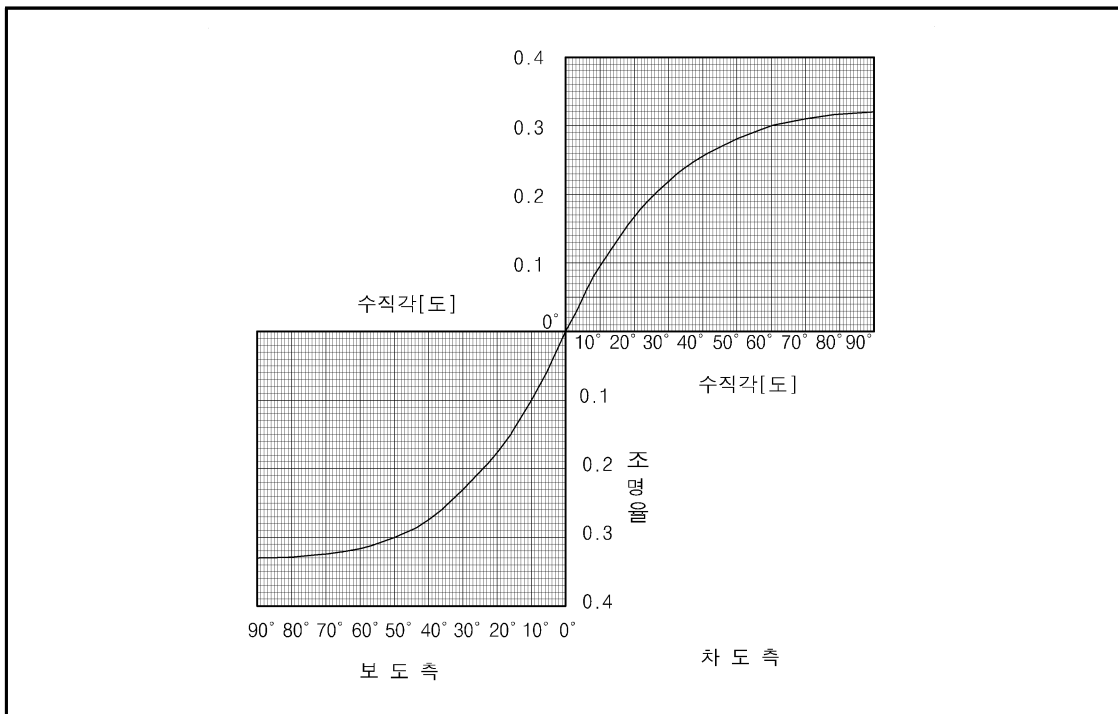
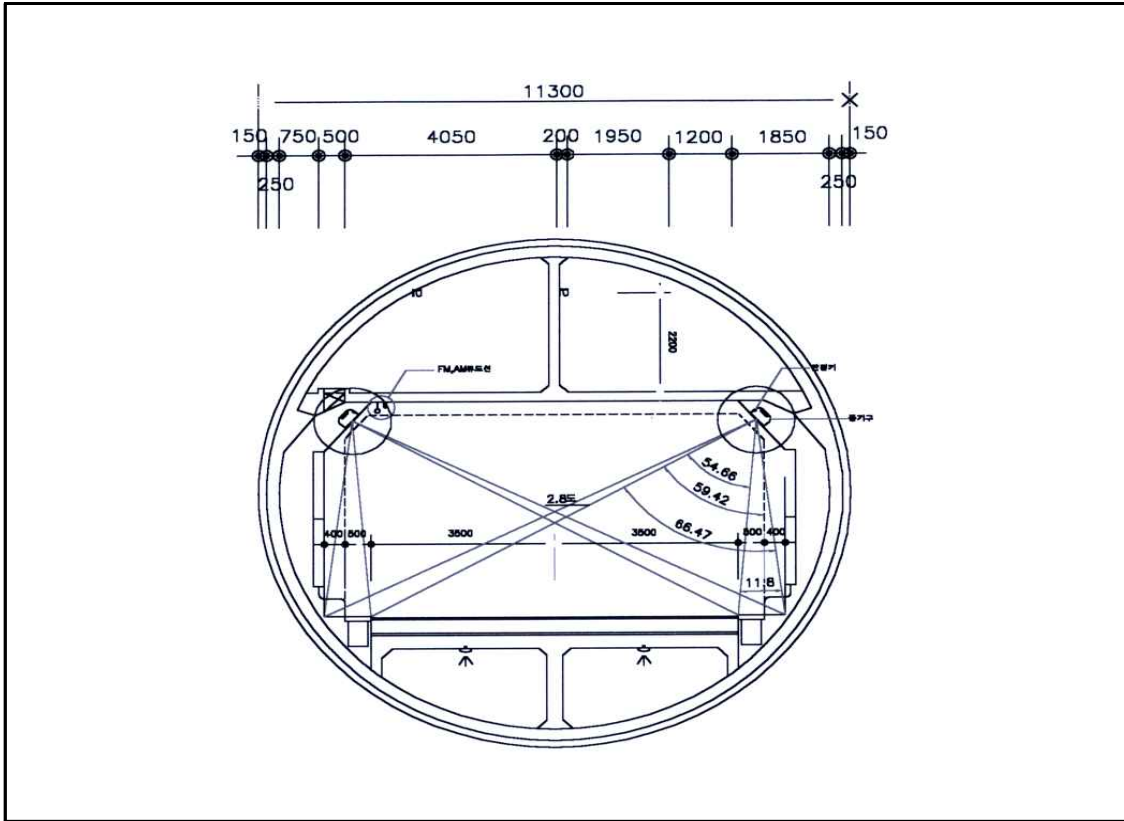
따라서 터널 조명용 광원으로는 경제성, 호환성 등을 고려해 고효율 저압 나트륨 등을 설치 하였으며 이의 특징은 다음과 같다.

1. 광원중 최고의 고효율이다.
2. 투과율이 우수하다.
3. 고효율로 케이블 및 수전시설의 비용이 적게 들고 에너지가 절약된다.

자) 조명기구 선정

조명기구는 광원으로부터 나오는 빛을 제어하고 배광과 휘도, 눈부심 감소등, 조명목적에 적합하게 광원을 보호하는 역할을 한다. 본 설계에서는 추후 유지보수 측면과 청소 등을 감안하여 차량의 매연, 습기등 터널의 열악한 환경에서도 견딜 수 있고, 기존의 합성수지는 재활용이 불가능하지만 환경친화적이고 재활용이 가능한 스테인레스 터널등기구를 사용한다.

카) 조명을 계산



1) 조명을 계산 : 저압나트륨램프 (131W, 66W)

피조면적내에 도달한 광속이 광원 전광속에 대한 비율로 광원, 조명기구, 기타 취부위치 및 배광, 노면, 벽면, 천정면의 반사율로 결정되나 터널형태의 조명기구 취부위치로서 그 등구의 조명율곡선을 참고하여 조명율을 계산하면 다음과 같다.

$$U_4' = U_{40}' + \frac{W}{W_0} \times [(A_{41} \cdot U_{10} + A_{42} \cdot U_{20} + A_{43} \cdot U_{30} + A_{44} \cdot U_{40}) - U_{40}]$$

상기의 반사각도 및 조명율곡선에 의해서 각면에 대한 직사조명율을 구하면

천 정 면 : $U_{10} = U_{(90^\circ)} - U_{(28^\circ)} = 0.330 - 0.209 = 0.121$

벽면우측 : $U_{20} = U_{(-90^\circ)} - U_{(-66^\circ)} = 0.330 - 0.308 = 0.022$

벽면좌측 : $U_{30} = U_{(30^\circ)} - U_{(2.8^\circ)} = 0.221 - 0.023 = 0.198$

전 노 면 : $U_{40} = U_{(2.8^\circ)} + U_{(-66^\circ)} = 0.023 + 0.308 = 0.331$

차 도 면 : $U_{40}' = U_{(0^\circ)} + U_{(-54^\circ)} = 0 + 0.306 = 0.306$

상호 반사에 따른 조명율 상승을 구할 경우

계수 $A_{41}, A_{42}, A_{43}, A_{44}$ 는 도로면 전체폭 W_0 와 등기구 취부고 H 와의 비에 의하므로

$W_0 = 8.8\text{m}, H = 4.3\text{m}, W_0/H = 8.8/4.3 = 2.0$ 이고 각 면의 반사율은

천정면 (콘크리트마감) 반사율 $\rho_1 = 25\%$, 벽면(타일이나 반사율 낮음)의 평균반사율 $\rho_2 = 40\%$,

바닥면 (아스팔트마감) 반사율 $\rho_3 = 10\%$ 로 선정하여 직사조명율 표에 의해 계수를 구하면

$A_{41} = 0.177, A_{42}, A_{43} = 0.202, A_{44} = 1.019$ 이다.

그러나 도로면 전폭 및 차도폭에 대해 상호 반사의 영향이 있으므로 전노면의 조명율

$$\begin{aligned} U_4 &= A_{41} \cdot U_{10} + A_{42} \cdot (U_{20} + U_{30}) + A_{44} \cdot U_{40} \\ &= (0.177 \times 0.121) + 0.202 \times (0.022 + 0.198) + (1.019 \times 0.331) \\ &= 0.403 \end{aligned}$$

∴ 차도의 조명율

$$U_4' = U_{40}' + \frac{W}{W_0} (U_4 - U_{40}) = \left[0.306 + \frac{7.0}{8.8} \times (0.403 - 0.331) \right] = 0.363$$

노면 반사율표 0.10

W ₀ / H	천 정 반사율	벽 면 반사율	A ₄₁	A ₄₂ , A ₄₃	A ₄₄	W ₀ / H	천 정 반사율	벽 면 반사율	A ₄₁	A ₄₂ , A ₄₃	A ₄₄	
1.6	0.10	0.25	0.060	0.103	1.008	2.2	0.10	0.25	0.069	0.112	1.008	
		0.40	0.064	0.173	1.011			0.40	0.072	0.186	1.011	
		0.60	0.069	0.280	1.016			0.60	0.076	0.295	1.015	
	0.25	0.25	0.153	0.112	1.013		0.25	0.25	0.25	0.174	0.123	1.016
		0.40	0.162	0.190	1.017			0.40	0.182	0.206	1.019	
		0.60	0.176	0.310	1.024			0.60	0.194	0.329	1.024	
	0.40	0.25	0.248	0.122	1.019		0.40	0.25	0.25	0.283	0.135	1.023
		0.40	0.264	0.208	1.024			0.40	0.297	0.227	1.027	
		0.60	0.289	0.341	1.031			0.60	0.318	0.365	1.033	
1.8	0.10	0.25	0.064	0.106	1.008	2.4	0.10	0.25	0.071	0.114	1.009	
		0.40	0.067	0.178	1.011			0.40	0.074	0.189	1.011	
		0.60	0.072	0.286	1.016			0.60	0.078	0.298	1.015	
	0.25	0.25	0.161	0.116	1.014		0.25	0.25	0.25	0.180	0.126	1.016
		0.40	0.170	0.196	1.018			0.40	0.187	0.210	1.019	
		0.60	0.183	0.318	1.024			0.60	0.199	0.334	1.024	
	0.40	0.25	0.261	0.127	1.021		0.40	0.25	0.25	0.292	0.138	1.024
		0.40	0.277	0.215	1.025			0.40	0.305	0.232	1.028	
		0.60	0.301	0.351	1.032			0.60	0.325	0.371	1.034	
2.0	0.10	0.25	0.066	0.109	1.008	2.6	0.10	0.25	0.073	0.115	1.009	
		0.40	0.069	0.182	1.011			0.40	0.075	0.191	1.011	
		0.60	0.074	0.291	1.016			0.60	0.079	0.301	1.015	
	0.25	0.25	0.168	0.120	1.015		0.25	0.25	0.25	0.185	0.128	1.017
		0.40	0.177	0.202	1.019			0.40	0.192	0.213	1.020	
		0.60	0.189	0.324	1.024			0.60	0.202	0.337	1.024	
	0.40	0.25	0.273	0.131	1.022		0.40	0.25	0.25	0.299	0.141	1.025
		0.40	0.288	0.222	1.026			0.40	0.315	0.236	1.029	
		0.60	0.310	0.359	1.033			0.60	0.331	0.375	1.035	

2) 조도계산

가. 사용등기구 및 광속

저압나트륨등

131W : 26,000 (lm), 66W : 11,000 (lm)

나. 각 구간별 조도기준

구 분	경계부	이 행 부(90m)				완 화 부(160m)				기본부	출구부	
		1	2	3	4	1	2	3	4			
길 이(m)	50	25	25	20	20	40	40	40	40	-	70	
기준조도(Lx)	1,440	1,368	1,224	1,050	878	633	360	201	115	110	400	
설계 조도 (Lx)	맑은날	1,525	1,470	1,359	1,192	968	726	473	265	190	137	502
	흐린날	925	892	781	653	568	526	294	211	-		319
거 리 (m) (하행선)	5.4x10 =54.0	5.6x5 =28.0	5.6x5 =27.0	6.0x4 =24.0	5.4x4 =21.6	5.4x8 =43.2	6.0x7 =42.0	5.4x8 =43.2	6.0x7 =42.0	5.0x224 =1120.0	5.0x14 =70.0	
설치 수량	SOX131W											
	SOX66W											

각 구간별 조도계산

상기에 의하여 정리를 하면

U : 0.429 M : 0.4 N : 2 W : 7.0m가 되어 구간별로 계산을 한다.

가. 기본부 구간

1) 기본부 조명 : 기준조도 - 110 (lx)

$$\text{식 1. } E = \frac{N \cdot F \cdot U \cdot M}{E \cdot W} \quad (\text{m})$$

단, 배열계수, 조명율, 보수율, 차도폭등이 변함이 없을경우 식을 변형시키면 다음과 같다.

$$\text{식 2. } F = \frac{E \cdot W \cdot S}{N \cdot U \cdot M} = K \cdot E \cdot S \quad (\text{K는 정수})$$

$$K = \frac{N \cdot U \cdot M}{W}$$

·사 용 램 프 : 저압나트륨램프 66W (11,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$K = \frac{W}{N \cdot U \cdot M} = \frac{7.0}{2 \times 0.363 \times 0.4} = 24.1$$

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.1 \times 110 \times S = 2,651 S$$

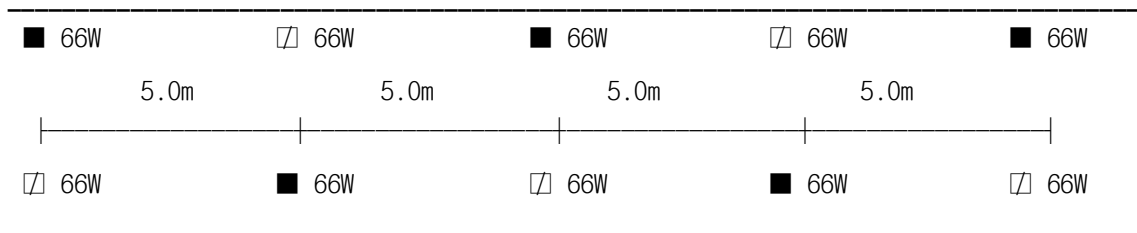
$$11,000 \times 1.5$$

$$S = \frac{2,651}{11,000 \times 1.5} = 6.22\text{m}$$

여기서 휘도분포 및 눈부심 현상을 감안한 등기구 설치를 피하여야하는 범위는 다음과 같다.

$$S \leq 2.5H \quad S \leq 2.5 \times 4.3 = 10.75$$

따라서 기본부 야간 조명에서는 눈부심현상을 감안하여 5m 정하고 기구의 배치계획은 다음과 같다.



주) 조명기구배치에서 ■표시는 상시점등(비상등) □주야상시등-66W/2등용(야간1/2소등, 심야전체소등) 표시하였다.

상기의 배치계획에 의하여 조도를 계산하면

$$E = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{11,000 \times 1.5}{24.1 \times 5.0} = 137 \quad (\text{lx})$$

2) 기본부 야간조명 : 기준조도 - 60 (lx)

$$\text{식 1. } E = \frac{N \cdot F \cdot U \cdot M}{E \cdot W} \quad (\text{m})$$

단, 배열계수, 조명율, 보수율, 차도폭등이 변함이 없을경우 식을 변형시키면 다음과 같다.

$$\text{식 2. } F = \frac{E \cdot W \cdot S}{N \cdot U \cdot M} = K \cdot E \cdot S \quad (K \text{는 정수})$$

$$K = \frac{W}{N \cdot U \cdot M}$$

·사 용 램 프 : 저압나트륨램프 66W (11,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$K = \frac{W}{N \cdot U \cdot M} = \frac{7.0}{2 \times 0.363 \times 0.4} = 24.1$$

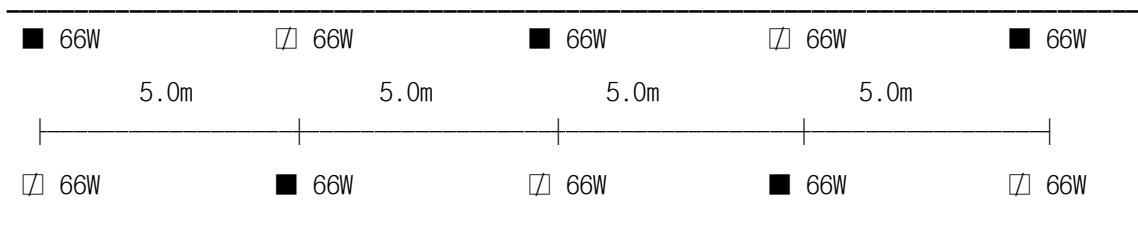
$$F = K \cdot E \cdot S = 24.1 \times 110 \times S = 2,651 \text{ S}$$

$$S = \frac{11,000 \times 1.5}{2,651} = 6.22\text{m}$$

여기서 휘도분포 및 눈부심 현상을 감안한 등기구 설치를 피하여야하는 범위는 다음과 같다.

$$S \leq 2.5H \quad S \leq 2.5 \times 4.3 = 10.75$$

따라서 기본부 야간 조명에서는 눈부심현상을 감안하여 5m 정하고 기구의 배치계획은 다음과 같다.



주) 조명기구배치에서 ■표시는 상시점등(비상등) □주간상시등-66W/2등용(야간1/2소등, 심야전체소등) 표시하였다.

상기의 배치계획에 의하여 조도를 계산하면

$$E = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{11,000 \times 1.0}{24.1 \times 5.0} = 91 \text{ (lx)}$$

3) 기본부 심야 조명 : 기준조도 - 40 (lx)

$$\text{식 1. } E = \frac{N \cdot F \cdot U \cdot M}{E \cdot W} \quad (\text{m})$$

단, 배열계수, 조명율, 보수율, 차도폭등이 변함이 없을경우 식을 변형시키면 다음과 같다.

$$\text{식 2. } F = \frac{E \cdot W \cdot S}{N \cdot U \cdot M} = K \cdot E \cdot S \quad (\text{K는 정수})$$

$$K = \frac{W}{N \cdot U \cdot M}$$

·사 용 램 프 : 저압나트륨램프 66W (11,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$K = \frac{W}{N \cdot U \cdot M} = \frac{7.0}{2 \times 0.363 \times 0.4} = 24.1$$

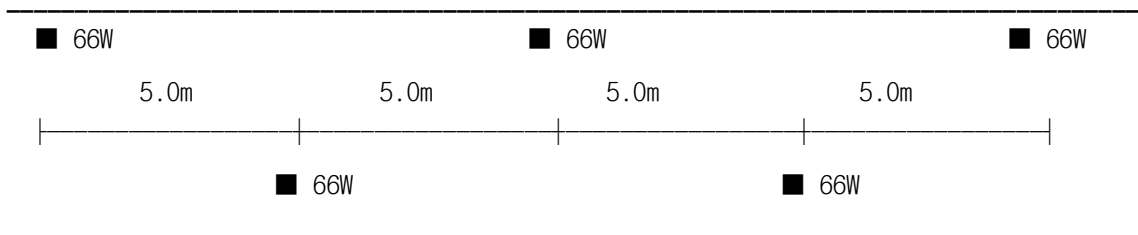
$$F = K \cdot E \cdot S = 24.1 \times 40 \times S = 964 S$$

$$S = \frac{11,000 \times 1}{964} = 11.4\text{m}$$

여기서 휘도분포 및 눈부심 현상을 감안한 등기구 설치를 피하여야하는 범위는 다음과 같다.

$$S \leq 2.5H \quad S \leq 2.5 \times 4.3 = 10.75$$

따라서 기본부 야간 조명에서는 눈부심현상을 감안하여 10m 정하고 기구의 배치계획은 다음과 같다.



주) 조명기구배치에서 ■표시는 상시점등 □주간상시등-66W/2등용(야간1/2소등, 심야전체소등) 표시하였다.

상기의 배치계획에 의하여 조도를 계산하면

$$E = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{11,000 \times 1}{24.1 \times 10.0} = 46 \quad (\text{lx})$$

나. 경계부 구간

·기준조도 : 1,440 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm), 131W (26,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.1 \times 1,440 \times S = 34,704 \text{ S}$$

기본부 조명기구 취부간격 5m를 고려한 총광속

$$F_t = 34,704 \times 5.0 = 173,520$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - (11,000 \times 1.5) = 173,520 - 16,500 = 157,020$$

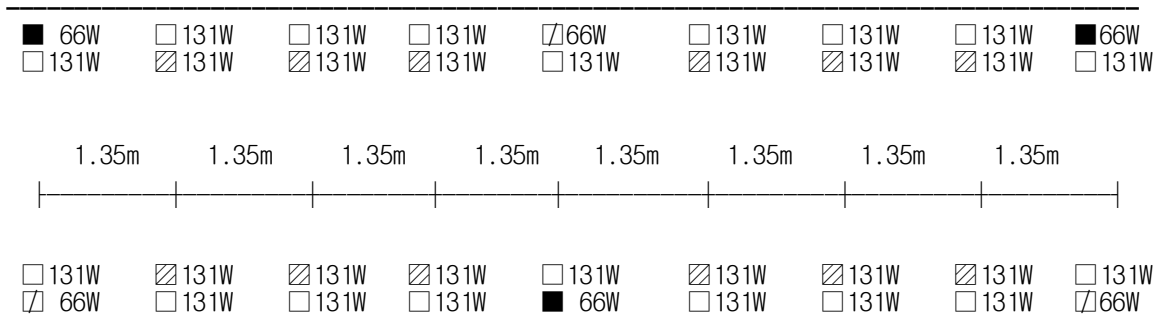
131W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$157,020 / 26,000 = 6.03 \text{ 인데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(26,000 \times 7) + (11,000 \times 1.5)}{34,704} = 5.71 \text{ m 인데}$$

따라서 경계부구간에서는 5.4m를 4등분하여 1.35m 간격으로 2열 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■표시는 상시등(비상등) ▨주간 상시등-66W/2등용(야간1/2소등, 심야전체소등) ▩주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(Ec)와 흐린날(Er)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 7) + (11,000 \times 1.5)}{24.1 \times 5.4} = 1,525 \text{ (lx)}$$

$$\text{흐린날 조도}(E_r) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 4) + (11,000 \times 1.5)}{24.1 \times 5.4} = 925 \text{ (lx)}$$

다. 이행부 구간

1) 이행부 1단계 구간

·기준조도 : 1,368 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm), 131W (26,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.1 \times 1,368 \times S = 32,969 \text{ S}$$

기본부 조명기구 취부간격 5m를 고려한 총광속

$$F_t = 32,969 \times 5.0 = 164,844$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - (11,000 \times 1.5) = 164,844 - 16,500 = 148,344$$

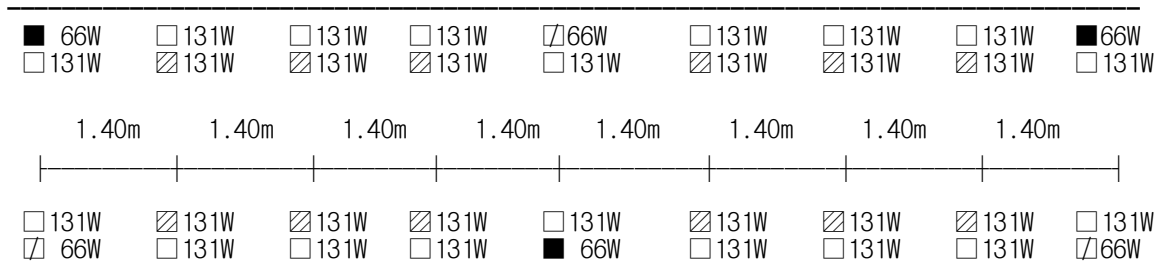
131W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$148,344 / 26,000 = 5.7\text{개인데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(26,000 \times 7) + (11,000 \times 1.5)}{32,969} = 6.02\text{m 인데}$$

따라서 이행부 1단계구간에서는 5.6m를 4등분하여 1.4m 간격으로 2열 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■표시는 상시등(비상등) ▨주간 상시등-66W/2등용(야간1/2소등, 심야전체소등) ▩주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(E_c)와 흐린날(E_r)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 7) + (11,000 \times 1.5)}{24.1 \times 5.6} = 1,470 \text{ (lx)}$$

$$\text{흐린날 조도}(E_r) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 4) + (11,000 \times 1.5)}{24.1 \times 5.6} = 892 \text{ (lx)}$$

2) 이행부 2단계 구간

·기준조도 : 1,224 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm), 131W (26,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.1 \times 1,224 \times S = 29,498 \text{ S}$$

기본부 조명기구 취부간격 5m를 고려한 총광속

$$F_t = 29,498 \times 5.0 = 147,492$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - (11,000 \times 1.5) = 147,492 - 16,500 = 130,992$$

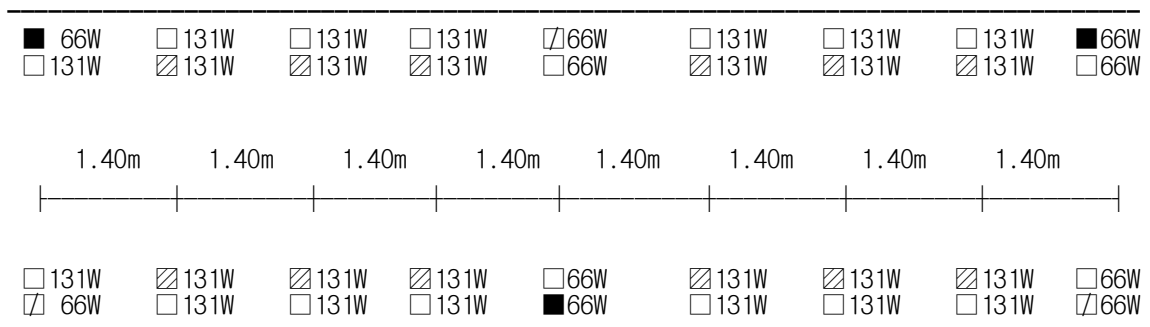
131W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$130,992 / 26,000 = 5.03 \text{ 인데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(26,000 \times 6) + (11,000 \times 2.5)}{29,498} = 6.22\text{m 인데}$$

따라서 이행부 2단계구간에서는 5.6m를 4등분하여 1.4m 간격으로 1열 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■표시는 상시등(비상등) ▨주간 상시등-66W/2등용(야간1/2소등, 심야전체소등) ▩주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(E_c)와 흐린날(E_r)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 6) + (11,000 \times 2.5)}{24.1 \times 5.6} = 1,359 \text{ (lx)}$$

$$\text{흐린날 조도}(E_r) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 3) + (11,000 \times 2.5)}{24.1 \times 5.6} = 781 \text{ (lx)}$$

3) 이행부 3단계 구간

·기준조도 : 1,050 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm), 131W (26,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.1 \times 1,050 \times S = 25,305 S$$

기본부 조명기구 취부간격 5.0m를 고려한 총광속

$$F_t = 25,305 \times 5.0 = 126,525$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - 16,050 = 126,525 - 16,500 = 110,025$$

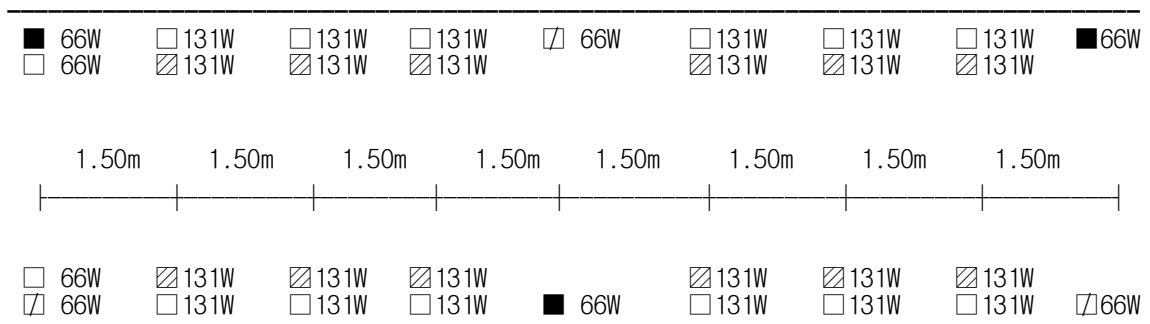
131W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$110,025 / 26,000 = 4.23 \text{인 데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(26,000 \times 6) + (11,000 \times 1.5)}{25,305} = 6.81 \text{m 인 데}$$

따라서 이행부 3단계구간에서는 6.0m를 4등분하여 1.5m 간격으로 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■표시는 상시등(비상등) □주간 상시등-66W/2등용(야간1/2소등, 심야전체소등) ▨주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(E_c)와 흐린날(E_r)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 6) + (11,000 \times 1.5)}{24.1 \times 6.0} = 1,192 \text{ (lx)}$$

$$\text{흐린날 조도}(E_r) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 3) + (11,000 \times 1.5)}{24.1 \times 6.0} = 653 \text{ (lx)}$$

4) 이행부 4단계 구간

·기준조도 : 878 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm), 131W (26,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.1 \times 878 \times S = 21,160 S$$

기본부 조명기구 취부간격 5.0m를 고려한 총광속

$$F_t = 21,160 \times 5.0 = 105,800$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - (11,000 \times 1.5) = 105,800 - 16,050 = 89,300$$

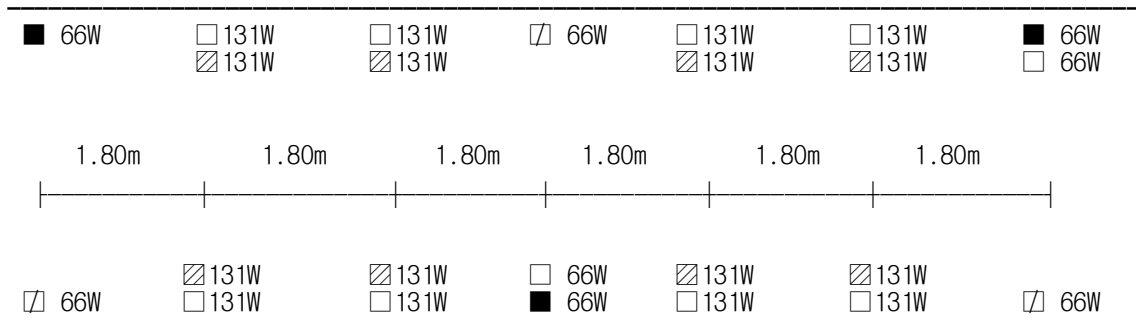
131W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$89,300 / 26,000 = 3.43 \text{ 인데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(26,000 \times 4) + (11,000 \times 1.5)}{21,160} = 5.69m \text{ 인데}$$

따라서 이행부 3단계구간에서는 5.4m를 3등분하여 1.8m 간격으로 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■표시는 상시등(비상등) □주간 상시등-66W/2등용(야간1/2소등, 심야전체소등) ▨ 주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(Ec)와 흐린날(Er)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 4) + (11,000 \times 2)}{24.1 \times 5.4} = 968 \text{ (lx)}$$

$$\text{흐린날 조도}(E_r) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 2) + (11,000 \times 2)}{24.1 \times 5.4} = 568 \text{ (lx)}$$

라. 완화부 구간

1) 완화부 1단계 구간

·기준조도 : 633 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm), 131W (26,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.1 \times 633 \times S = 15,255 S$$

기본부 조명기구 취부간격 5.0m를 고려한 총광속

$$F_t = 15,255 \times 5.0 = 76,275$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - (11,800 \times 1.5) = 76,275 - 16,500 = 59,775$$

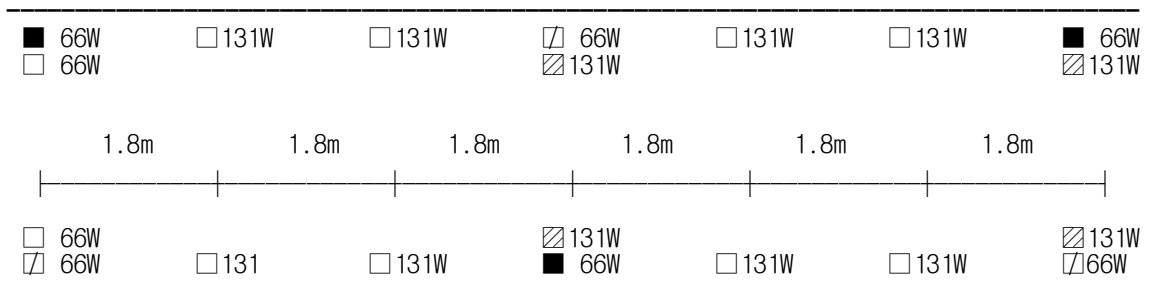
131W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$59,775 / 26,000 = 2.3\text{개인데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(26,000 \times 3) + (11,000 \times 1.5)}{15,255} = 6.2\text{m 인데}$$

따라서 완화부 1단계구간에서는 5.4m를 3등분하여 1.8m 간격으로 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■표시는 상시등(비상등) ▨주간 상시등-66W/2등용(야간1/2소등, 심야전체소등) ▩주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(E_c)와 흐린날(E_r)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 3) + (11,000 \times 1.5)}{24.1 \times 5.4} = 726 \text{ (lx)}$$

$$\text{흐린날 조도}(E_r) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 2) + (11,000 \times 1.5)}{24.1 \times 5.4} = 526 \text{ (lx)}$$

2) 완화부 2단계 구간

·기준조도 : 360 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm), 131W (26,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.1 \times 360 \times S = 8,676 S$$

기본부 조명기구 취부간 5.0m를 고려한 총광속

$$F_t = 8,676 \times 5.0 = 43,380$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - (11,000 \times 1.5) = 43,380 - 16,500 = 26,880$$

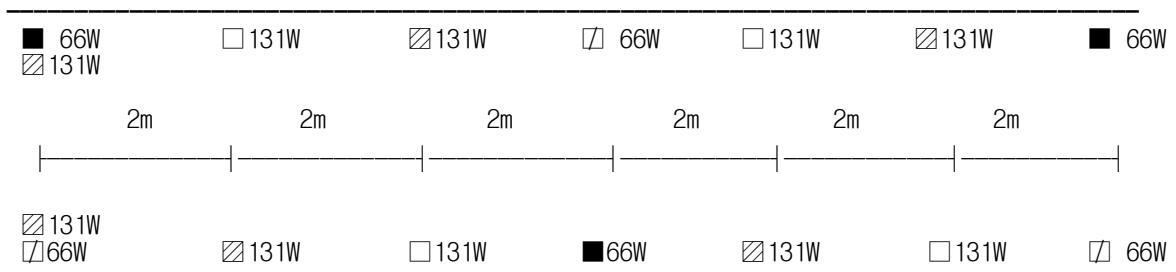
66W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$26,880 / 26,000 = 1.03 \text{개인데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(26,000 \times 2) + (11,000 \times 1.5)}{8,676} = 7.89 \text{m 인데}$$

따라서 완화부 2단계구간에서는 6.0m를 3등분하여 2.0m 간격으로 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■표시는 상시등(비상등) □주간 상시등-66W/2등용(야간1/2소등,

심야전체소등) ▨주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(E_c)와 흐린날(E_r)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 2) + (11,000 \times 1.5)}{24.1 \times 6.0} = 473 \text{ (lx)}$$

$$\text{흐린날 조도}(E_r) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(26,000 \times 1) + (11,000 \times 1.5)}{24.1 \times 6.0} = 294 \text{ (lx)}$$

3) 완화부 3단계 구간

·기준조도 : 201 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.1 \times 201 \times S = 4,844 S$$

기본부 조명기구 취부간격 5.0m를 고려한 총광속

$$F_t = 4,844 \times 5.0 = 24,220$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - (11,000 \times 1.5) = 24,220 - 16,500 = 7,720$$

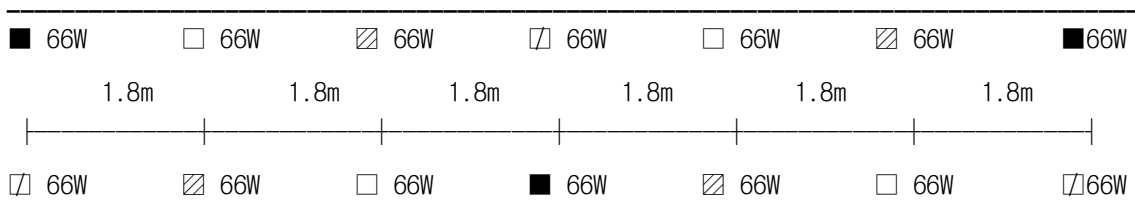
66W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$7,720 / 11,000 = 0.70\text{개인데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(11,000 \times 3)}{4,844} = 6.7\text{m 인데}$$

따라서 완화부 3단계구간에서는 5.4m를 3등분하여 1.8m 간격으로 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■표시는 상시등(비상등) ▨주간 상시등-66W/2등용(야간1/2소등, 심야전체소등) ▩주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(E_c)와 흐린날(E_r)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(11,000 \times 2) + (11,000 \times 1.5)}{24.1 \times 5.4} = 295 \text{ (lx)}$$

$$\text{흐린날 조도}(E_r) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(11,000 \times 1) + (11,000 \times 1.5)}{24.1 \times 5.4} = 211 \text{ (lx)}$$

4) 완화부 4단계 구간

·기준조도 : 115 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.1 \times 115 \times S = 2,772 S$$

기본부 조명기구 취부간격 5.0m를 고려한 총광속

$$F_t = 2,772 \times 5.0 = 13,860$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - (11,000 \times 1.5) = 13,860 - 16,500 = -2,640 (\text{lm})$$

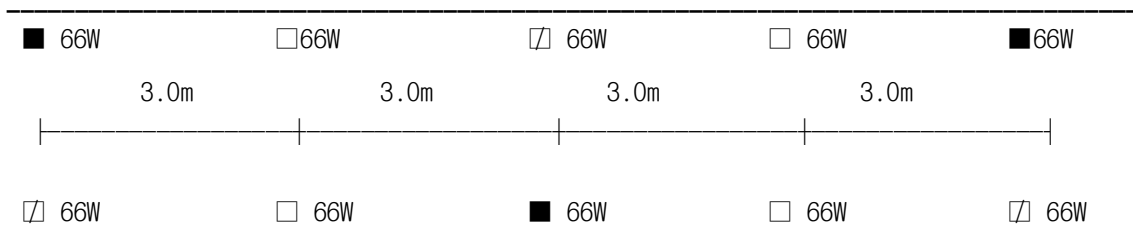
66W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$-2,640 / 11,000 = 0.24 \text{개인데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(11,000 \times 1) \times (11,000 \times 1.5)}{2,772} = 9.9 \text{m 인데}$$

따라서 완화부 4단계구간에서는 6 m를 2등분하여 3.0m 간격으로 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■표시는 상시등(비상등) ▨주간 상시등-66W/2등용(야간1/2소등, 심야전체소등) ▩주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(E_c)와 흐린날(E_r)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(11,000 \times 1) \times (11,000 \times 1.5)}{24.1 \times 6.0} = 190 (\text{lx})$$

마) 출구부

·기준조도 : 400 (lx)

·사용램프 : 66W (11,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$F = K \cdot E \cdot S = 24.1 \times 400 \times S = 9,640 S$$

기본부 조명기구 취부간 5.0m를 고려한 총광속

$$F_t = 9,640 \times 5.0 = 48,200$$

본 구간의 소요광속

$$F = F_t - (11,000 \times 1.5) = 48,200 - 16,500 = 31,700$$

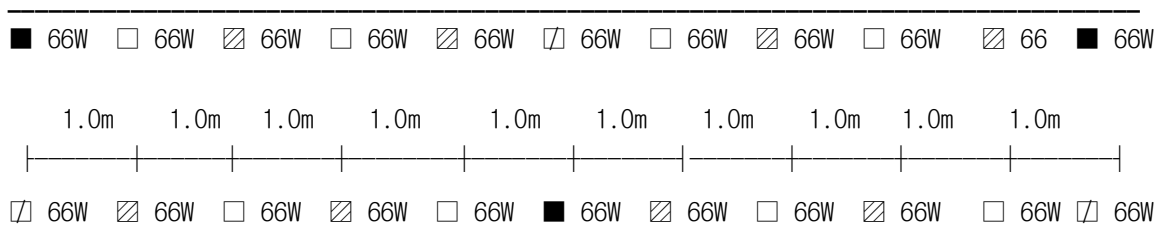
66W 사용시의 조명기구의 갯수는

$$31,700 / 11,000 = 2.8\text{개인데}$$

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(11,000 \times 4) + (11,000 \times 1.5)}{9,640} = 6.27 \text{ m 인데}$$

따라서 출구부구간에서는 5.0m를 5등분하여 1.0m 간격으로 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



주) 조명기구 배치계획에서 ■표시는 상시등(비상등) ▨주간 상시등-66W/2등용(야간1/2소등, 심야전체소등) ▨주간등(흐린날소등)이며 □ 표시는 주간등을 표시하였다.

상기의 배치 계획에 의하여 맑은날(E_c)와 흐린날(E_r)을 구분하여 조도계산하면

$$\text{맑은날 조도}(E_c) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(11,000 \times 4) + (11,000 \times 1.5)}{24.1 \times 5.0} = 502 \text{ (lx)}$$

$$\text{흐린날 조도}(E_r) = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{(11,000 \times 2) + (11,000 \times 1.5)}{24.1 \times 5.0} = 319 \text{ (lx)}$$

첨부 #1)

남산1호터널 요일별·시간대별 속도

·대상구간 : 남산1호터널 내구부간(북단 ~ 남단, L=1,530m)

·조사기간 : 2002년 2월 28일 ~ 4월 3일(5주 35일간)

< 강남방면 요일별·시간대별 속도 >

(단위:km/h)

요일 시간	월	화	수	목	금	토	일	평 균
00 ~ 01	89.5	86.6	86.9	87.0	85.4	86.0	86.6	86.7
01 ~ 02	91.5	90.0	89.0	88.8	87.4	89.3	90.0	89.4
02 ~ 03	92.5	91.8	90.7	91.6	89.3	90.0	92.8	91.3
03 ~ 04	93.2	94.1	92.0	92.3	91.1	92.5	93.9	92.8
04 ~ 05	93.2	93.2	92.1	91.9	89.3	91.2	92.3	91.0
05 ~ 06	90.0	91.5	90.0	91.4	89.3	91.2	89.8	86.4
06 ~ 07	85.5	86.8	84.8	85.2	84.9	87.0	89.8	86.4
07 ~ 08	88.3	88.3	86.0	87.1	85.6	88.6	89.7	87.8
08 ~ 09	89.2	88.4	87.6	87.2	86.2	87.8	86.6	87.6
09 ~ 10	87.0	85.3	84.4	85.3	83.8	86.0	85.4	85.4
10 ~ 11	84.5	82.0	82.4	83.4	82.8	83.6	84.4	83.3
11 ~ 12	82.9	79.9	70.6	78.1	79.4	78.7	83.6	79.2
12 ~ 13	84.5	82.7	69.8	76.1	80.3	80.7	82.2	79.5
13 ~ 14	82.7	81.0	80.9	79.6	81.4	83.2	79.8	81.2
14 ~ 15	70.0	80.4	80.6	78.8	80.6	82.4	79.6	78.9
15 ~ 16	53.7	75.7	75.9	78.8	80.8	71.2	77.1	73.2
16 ~ 17	77.9	64.3	80.1	76.0	80.2	50.7	67.4	70.6
17 ~ 18	80.4	56.1	81.3	75.2	71.7	74.1	67.1	72.1
18 ~ 19	80.3	67.4	80.9	56.8	68.7	79.2	78.2	73.3
19 ~ 20	81.8	73.5	81.7	58.8	71.3	79.0	78.7	75.2
20 ~ 21	82.0	77.9	81.7	65.5	81.1	78.3	77.8	77.6
21 ~ 22	74.0	63.2	73.5	59.5	72.9	76.0	78.9	71.3
22 ~ 23	77.1	56.6	74.7	60.8	76.1	78.8	81.8	72.4
23 ~ 24	81.6	76.2	79.9	69.8	79.0	81.4	85.2	78.9
평 균	83.1	79.7	82.4	78.6	81.7	82.0	83.5	81.6

남산1호터널 요일별·시간대별 속도

·대상구간 : 남산1호터널 내구부간(북단 ~ 남단, L=1,530m)

·조사기간 : 2002년 2월 28일 ~ 4월 3일(5주 35일간)

< 도심방면 요일별·시간대별 속도 >

(단위:km/h)

요일 시간	월	화	수	목	금	토	일	평 균
00 ~ 01	79.0	77.8	75.6	77.7	78.7	75.9	75.6	77.1
01 ~ 02	81.5	81.3	79.7	80.9	82.1	80.5	80.0	80.8
02 ~ 03	83.0	83.1	82.8	82.8	82.5	82.5	82.6	82.8
03 ~ 04	82.1	83.4	82.5	82.5	82.9	84.2	83.4	83.0
04 ~ 05	81.0	82.2	81.7	81.8	82.1	83.6	82.2	82.1
05 ~ 06	80.9	80.2	79.4	80.0	80.1	81.3	82.3	80.7
06 ~ 07	76.9	78.3	78.0	77.7	78.1	79.6	80.7	78.6
07 ~ 08	75.7	75.1	74.5	75.7	74.7	76.8	79.5	76.1
08 ~ 09	71.2	70.1	70.7	70.1	71.2	73.8	76.9	72.2
09 ~ 10	70.9	69.6	68.2	68.6	68.0	71.9	73.9	70.3
10 ~ 11	70.3	68.5	67.5	69.2	67.3	70.6	70.6	69.3
11 ~ 12	68.8	68.1	67.5	67.4	68.7	70.2	69.8	68.7
12 ~ 13	70.9	69.6	69.9	69.2	69.8	71.3	69.8	70.1
13 ~ 14	70.0	70.0	70.3	69.0	70.0	71.2	68.9	69.9
14 ~ 15	70.9	70.0	69.7	69.9	69.7	71.8	69.2	70.1
15 ~ 16	70.2	70.0	70.2	70.1	69.3	69.3	69.3	69.8
16 ~ 17	71.9	70.9	71.0	70.4	69.9	68.9	69.0	70.3
17 ~ 18	72.3	70.8	72.7	71.7	70.6	69.3	69.8	71.0
18 ~ 19	73.7	72.3	72.7	72.3	71.2	68.8	69.6	71.4
19 ~ 20	73.0	72.2	72.5	71.9	71.2	68.2	69.7	71.2
20 ~ 21	73.4	72.7	72.5	72.5	72.3	68.6	71.3	71.9
21 ~ 22	70.1	68.1	68.7	68.2	68.1	68.9	71.1	69.1
22 ~ 23	71.6	70.6	70.7	70.2	69.3	69.7	71.0	70.5
23 ~ 24	74.5	73.5	73.5	71.8	71.4	73.1	74.6	73.3
평 균	74.3	73.7	73.5	73.4	73.3	73.8	74.2	73.8

자료제공 : 남산권 교통관리센터 소장(2002. 07. 19)

제4장 전 력 설 비

제4장 전 력 설 비

4.1 전력설비 현황

4.1.1 수·배전 설비 현황

터널의 길이는 1,530M 2차선 쌍방향이며 수전실은 전압 강하와 전력공급의 안정성을 고려하여 터널양 쪽에 각각 1개소씩 설치되어 있고, 중앙에 환기실이 있으며 터널을 반으로 나누어 전력을 공급하고 있다. 수·배전 설비는 터널에 관계되는 모든 SYSTEM에 전력을 공급하는 중추적인 시설로서 이 설비의 현대화는 전력 요금의 절감과 인건비의 감소, 관리의 편의성, 시설물의 안정화에 가장 영향을 주는 요소이다.

<표 4.1-1> 수·배전 설비의 현황

위치	용산구 한남동(한남동 772-3) 중구 필동(예장동 산3-5)			전화(☎)	한남동	749-7273
					필동	2273-9050
일 반	연장	폭	환기방식			
	1,530m	9m×2열	구) 반횡류식, 하향송기형 신) 횡류식, 상향송기형			
현 황	수전 계통	수전방식	공 급 변전소	선 로 명	설 비 용 량	
		3Φ4W 22,900V	한남, 보광	광주 D/L	2,00KW	
			필동, 중앙	진양 D/L	1,50KW	
전 력 설 비	구분	용량×수량		형식	설 치 년 월 일	
	변압기	3Φ 1,500[KVA]2대 3Φ 2,000[KVA]2대		유입자냉식	94. 2. 25	
	배전반	북측 24면 중앙 5면 남측 24면		육내자립형	94. 2. 25	
	발전기	500[KW]1대		디젤 수냉식	94. 2. 25	

4.1.2 전기설비진단

·진단개요

1) 진단일정

2002. 03. 10 ~ 2002. 04. 19

2) 진단의 기본방향

- (1) 전력 부하의 분석 : 전압, 전류, 전력량의 측정
- (2) 전력기기 및 배선, 배관의 노후화 정도의 점검
- (3) 향후 전반적인 조명설비개량공사 완료후 전력사용량의 추이검토

3) 진단방법

- (1) 책임분기점에서부터 수용하는 재산에 포함되는 모든 전력기기 및 배관, 배선의 육안점검
- (2) 최근 1년 간의 전력사용량의 분석으로 에너지 사용실태 진단
- (3) 도면 및 실제부하의 회로상태 파악

4.1.3 진단내용 및 방법

1) 수전설비

진단항목	현황	평가 및 대책	기대효과	비고
배전반	내부 Ry 및 전선의 노후에 따른 배전반 노후	각종 차단기 및 Ry 류의 교체에 따른 배전반 교체. 각종차단기의 ON-OFF 기능확인.	<ul style="list-style-type: none"> •단락등의 보호성능의 우수 •사고시 신속한 응급조치 •전력계통의 안정 •유지보수의 편리성제공 	
				
고압 차단기	주보호장치가 진공차단기(VCB)로 되어 트립 및 투입시 심한 소음이 나며 고장발생율이 높음.	구형에서 신형으로 교체되어 고장율을 저하시키며 보호협조.	<ul style="list-style-type: none"> •유지보수의 편리성제공 •향후 전력제어 시스템의 구축 용이 •전력계통의 신뢰성 제고 •보호협조 원활 	
				
저압 차단기	ACB, MCCB의 노후로 저압 차단기로서의 성능저하.	변압기 후비의 주보호는 기중차단기(ACB), 분기보호는 MCCB로 교체.	<ul style="list-style-type: none"> •저압 배전선로의 각종사고로 부터 파급효과의 최소화 •단순조작으로 인한 효율적 유지관리 	
				

2) 발전 및 변전설비

진단항목	현 황	평가 및 대책	기 대 호 과	비 고
발전기	3 상 3.3KV / 500KW의 디젤 발전기로서 노후됨	각 관리실에 저압 발전기 1대씩 설치하여 비상부하에 유리하게 대처. (교체 및 증설)	<ul style="list-style-type: none"> •비상부하회로의 안정성으로 터널내 비상시 능동적으로 대처 	
				
동력설비	기계실내의 동력 부하인 웬 설비의 운전효율이 저하되고, 수동운전으로 인한 에너지의 손실이 매우 크다.	각종 동력부하에 적합한 배선, 배관 및 운전방법을 개선하여 전력에너지의 절감을 도모하고, 합리적인 운전을 위하여 고효율기기의 설치를 권장함	<ul style="list-style-type: none"> •에너지의 절감 •동력 부하 운전의 간편화 및 효율화 •운전사고 최소화 	
				

남산1호터널 (한남방향)

판넬명	규격	용량	제작년도	제작사	비고
1	LBS 24KV	100A	1991	신우전기	
1	DS 24KV, 25.KA	400A	1991	한일전기	
2	MOF	75/5A	1990	영화산업	
3	PT(유입식)		1991	영화산업	
3	PF		1990	중원전기	
4	VCB 25.8KV, 25KA	600A	1992	현대중전기	
5	VCB 25.8KV, 25KA	600A	1992	현대중전기	
5	TR (2대)	2000KVA	1990	신한전기	
6	VCB 25.8KV	600A	1992	현대중전기	
7	VCB 7.2KV, 12.5KV	600A	1991	현대중전기	
7	PT 3.3KV	110V	1990	경보	
8	VCB 7.2KV, 12.5KV	600	1991	현대중전기	
8	PT 3.3KV	110V	1990	경보	
11	DS	100A	1989	금성산전	
11	VC 3.3KV, 4KA	200A	1989	광명기전	
11	REACTOR		1991	대흥전기	
11	VCB 7.2KV, 25KA	630A	2000	광명기전	
12	DS	100A	1989	금성산전	
12	VC 3.3KV, 4KA	200A	1989	광명기전	
12	REACTOR		1991	대흥전기	
12	VCB 7.2KV, 25KA	600A	1990	광명기전	
13	DS	100A	1989	금성산전	
13	VC 3.3KV, 4KA	200A	1989	광명기전	
13	REACTOR		1991	대흥전기	
13	VCB 7.2KV, 25KA	600A	1990	광명기전	
14	DS	100A	1989	금성산전	
14	VC 3.3KV, 4KA	200A	1989	광명기전	
14	REACTOR		1991	대흥전기	
14	VCB 7.2KV, 12.5KV	600A	2002	비츠로테크	
15	VCB 7.2KV, 25KA	630A	2000	광명기전	
15	REACTOR		1991	대흥전기	

판넬명	규격	용량	제작년도	제작사	비고
15	VCB 3.3KV, 4KV	200A	1989	광명기전	
15	VCB 7.2KV, 25KA	600A	1990	광명기전	
16	VCB 7.2KV, 25KA	600A	1990	광명기전	
16	REACTOR		1991	대흥전기	
16	VCB 3.3KV, 4KV	200A	1989	광명기전	
17	GPT		1990	경보	
17	VC 3.3KV	200A	1991	광명기전	
18	VCB 7.2KV, 12.5KV(2대)	600A	1991	현대중전기	
18-1	VSS 7.2KV (2대)	400A	1995	광명기전	
19	VCB 7.2KV, 12.5KV	600A	1991	현대중전기	
21	ACB 4P 600V (3대)	630A	1991	현대중전기	

남산1호터널 (필동방향)

판넬명	규격	용량	제작년도	제작사	비고
A	LBS	80A	1991	신우전기	
B	MOF	50/5A	1991	영화산업	
C	PT(유입식)		1991	영화산업	
D	VCB 25.8KV, 25KA	600A	1992	현대중전기	
E	VCB 25.8KV, 25KA	600A	1992	현대중전기	
F	VCB 25.8KV, 25KA	600A	1992	현대중전기	
G	VCB 7.2KV, 12.5KV	600A	1991	현대중전기	
G	PT		1990	경보	
H	VCB 7.2KV, 12.5KV	600A	1991	현대중전기	
H	PT		1991	경보	
I	PT		1991	경보	
I	VCB 7.2KV, 12.5KV	600	1991	현대중전기	
K	DS	100A	1989	금성산전	
K	VC 3.3KV, 4KA	200A	1989	광명기전	
K	REACTOR		1991	대흥전기	
K	VCB 7.2KV, 25KA	630A	2002	비츠로테크	
L	DS	100A	1989	금성산전	
L	VC 3.3KV, 4KA	200A	1989	광명기전	
L	REACTOR		1991	대흥전기	
M	DS	100A	1989	금성산전	
M	VC 3.3KV, 4KA	200A	1989	광명기전	
M	REACTOR		1991	대흥전기	
N	DS	100A	1989	금성산전	
N	VC 3.3KV, 4KA	200A	1989	광명기전	
N	REACTOR		1991	대흥전기	
N	VCB 7.2KV, 25KA	600A	1990	광명기전	
N	VCB 7.2KV, 25KA	600A	1990	광명기전	
N	VCB 7.2KV, 12.5KV	630A	2002	비츠로테크	
O	VC 3.3KV, 4KA	200A	1989	광명기전	
O	REACTOR		1991	대흥전기	
O	VC 3.3KV, 4KA	200A	1989	광명기전	

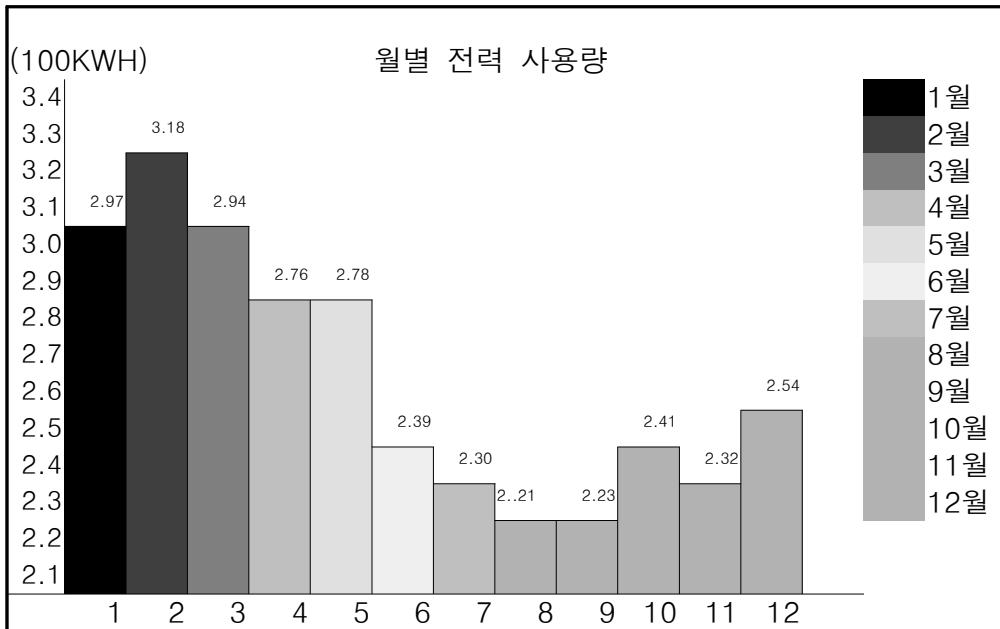
판넬명	규격	용량	제작년도	제작사	비고
P	VCB 7.2KV, 25KA	600A	1990	광명기전	
P	REACTOR		1991	대흥전기	
P	VCB 3.3KV, 4KV	200A	1989	광명기전	
Q	VCB 3.3KV, 4KV	200A	1991	광명기전	
R	VCB 7.2KV, 12.5KV	600A	1991	현대중전기	
S	VCB 7.2KVA	400A	1995	광명기전	
S	VCB 7.2KVA	400A	2002	광명기전	
S	TR 3.3KVA	380/220	1990	신한전기	
S	TR 20KVA	380/220	1992	삼일변압기	
T	ACB	4P 600	1991	현대중전기	

남산1호터널 (중앙)

판넬명	규격	용량	제작년도	제작사	비고
MIAN	VCB 3.6KV	600A	1989	광명기전	
급기	VCB	600A	1990	광명기전	
	REACTOR		1991	대흥전기	
	VCB 3.6KV	600A	1990	광명기전	
급기	VCB 3.6KV	600A	1989	광명기전	
급기	VCB 3.6KV	600A	1989	광명기전	
급기	VCB 3.6KV	600A	1989	광명기전	
	TR 3.6KV	380/220V	1990	신한전기	

4.1.4 전력사용량

1)그림 <4.1-2>는 본 터널의(한남동,필동) 월별 전력사용량을 나타낸다.



<그림4.1-2> 월별전력사용량

남산 1호터널의 경우 최대전력사용량을 100%로 보면, 기타계절의 사용량은 약 70~80%의 수준을 유지하며, 본터널의 관리전력의 경우 최대전력량과 최소전력량의 차이가 약 97KWH로서 비교적 부하율은 양호하게 판단된다.

4.1.5 수변전 분석 결과

·수변전 설비

현재 시설되어 있는 설비의 노후 및 운영관리상황, 기기의 효율, 사고위험소지를 파악하고 이에 따른 교체 및 추가시설이나 보수가능을 진단하는데 있다.

1)특고압계통

외함 및 릴레이의 전선 노후가 되었으며 VCB는 구형이므로 고장이 발생하여 1대 교체되었으며 계속고장발생이 예상된다.

이에 따른 교통마비와 유지관리비가 계속적으로 증가예상.

2)고압계통

외함 및 VCB, VC, VSS 등의 고압 기기류 및 보호 계전기 노후, 전선의 노후로 추후 고장 확률이 증가 예상되어 교통마비와 유지관리비가 계속적으로 증가예상.

3)저압계통

ACB, MCCB, Ry등이 노후 되어 기능 떨어짐.

4)제어계통

GRAPHIC PANEL 및 TRANSDUCER와 전선의 노후 디지털 계기노후로 고장이 생겼으며,신터널과 구터널에 제어인터페이스가 안되는 관계로 이에 따른 고장으로 운영관리에 큰 지장예상

5)발전계통

고압발전기로서 발전기용량이 터널등 부하와 기타 비상부하로만 설정되었고 또한 북측에만 있어 북측, 남측 관리실 모두 포함하고 있지만 현재는 기동을 거의 하지 않음. 이에 따라 비상발전기로서의 기능과 유지관리를 인해 각각의 관리실에 발전기를 교체, 신설하여 비상부하를 분담하게 하므로써 비상부하에 능동적으로 대처, 발전기로서의 제기능을 살린다.

3. 결론

어느 한부분만 교체 및 보수한다고 전체적으로 기능 향상 어렵고 신설과 구설비에 대한 트러블이 일어날수 있으므로 전체적으로 SYSTEM은 같게하고 위에서 언급한 노후된 기기를 전체적으로 교체하는것이 바람직하다고 사료됨.

4.2 전력설비계획

4.2.1 개요

터널의 길이는 1,530m이며 수전실은 전압강하와 전력공급의 안정성을 고려하여 터널 양쪽에 각각 1개 소씩 설치되어 있으며 터널을 반으로 나누어 전력을 공급하고 있다.

수배전설비는 터널에 관계되는 모든 SYSTEM에 전력을 공급하는 중추적인 시설로서 이 설비의 현대화는 전력요금의 절감과 인건비의 감소, 관리의 편의성, 시설물의 안정화에 가장 영향을 미치는 요소이므로 다음과 같은 계획을 하였다.

4.2.2 기본 설계

1) 한전 인입(22.9kv-Y)

- 터널양측 관리소(한남 및 필동)에서 각각 수전 되어 있다.

2) 배전 전압

- 환 풍 기 3Φ 3.3kv
- 조명 및 기타 동력 3Φ 4w, 380v/220v

3) 환풍기 동력

- 터널 양쪽에서 상, 하행선 각각 전력을 공급한다.

4) 변전실 운영

- 한남동측 변전실과 필동측 변전실은 직원상시배치 운전하고 중앙환기실에는 무인으로 운영한다.

5) 터널 조명설비

- 한남동측과 필동측 배전실에서 각각 공급하되 한쪽 배전실의 고장에 대비하여 비상조명 및 야간조명을 반으로 나누어 공급하도록 한다.

4.2.3 배전반

1) 각 배전반의 차단기를 COS에서 VCB로 바꾸어 중앙 자동제어 설비에 적합하도록 PANEL을 구성하였다. 차단기는 구조 또는 소호방식에 따라 기름을 사용하는 차단기와 기름을 사용하지 않는 차단기로 나뉘어진다. 흔히 쓰이는 고압 차단기에 관하여 살펴보면 다음과 같다.

가. 유입 차단기(oil circuit breaker: OCB) : 아아크를 절연유의 소호작용에 의하여 소호하는 구조의 것이며, 과거부터 많이 사용되어 오고 있다.

나. 자기 차단기(magnetic blast circuit breaker: MBB 또는 MBCB) : 아아크와 차단 전류에 의해서 만들어진 자계와의 사이의 전자력에 의해서 아아크를 소호실로 끌어넣어 차단하는 구조이다. MBB는 기름을 전혀 사용하지 않는 차단기이며, 빌딩 등에서 많이 쓰인다.

다. 진공차단기(vacuum circuit breaker: VCB) : 진공에서의 높은 절연 내력과 아아크 생성물의 진공 중으로의 급속한 확산을 이용해서 소호하여 주는 구조이다. 기름을 사용하지 않는 것이 특색이다.

라. 공기 차단기(air blast circuit breaker: ABB 또는 ABCB) : 공기 차단기는 개방할 때 접촉자가 이탈하면서 발생하는 아아크를 강력한 압축 공기로 불어 소호하는 구조이다.

<표 4.3-2> 차단기의 종류와 적용상의 비교

항 목 \ 종 류	진공차단기 [VCB]	가스차단기 [GCB]	소유량유입차단기 [LOCB]	자기차단기 [MBB]
차 단 성 능	차단기간이 가장 짧으며, 탈조시간도 가능하며 가장 차단 성능이 우수하다.	우 수	보 통	보 통
치 수 및 중 량	가장 소형·경량(배전반에 3단적까지도 가능)	소형·경량	소형·경량(배전반에 2단적까지도 가능)	소형·경량이라고 할 수 없다.
화 재	가장 안전 (Building등에 최적)	위험성 없다.	위험성 있다.	안 전
보 수·점 검	수명이 가장 길며 보수는 거의 불필요	접점의 보수필요 및 접점의 보수가 간단	접점의 보수필요	접점의 보수필요
차단시의 소음	가장 작다.	작 다	작 다	크 다
다빈도개폐조작	최 적	적 격	부 적	보 통
가 격	보 통	고 가	보 통	고 가
선 정	◎			
선 정 이 유	VCB는 차단기가 다소 비싸나 GCB에 비해 저렴하고 화재의 위험성이 없으며 여러단 적재할 수 있어서 고압 및 특고압용 차단기로 많이 채택된다.			

2) 환풍기의 기동방식을 REACTOR 기동방식을 유지하여 전력효율을 크게 높였다.

※ 전동기의 기동법

가. 전전압기동법 : 전전압 기동은 말과 같이 전동기에 회로의 전전압을 직접 인가하는 기동법으로서, 직입기동이라고도 불리며, 가장 간편한 방식이다. 그러나 전동기의 기동 전류가 크다(정격전류의 5~6 배)는 것과, 기동 토크가 제어되지 않고 그대로 기동되기 때문에, 기동시에 전원 또는 구동되는 기계에 주는 충격이 크다는 것이 장애 요소로 되는 경우가 많다.

나. 스타아-델타(star-delta)기동 : 스타아-델타 기동은 감압기동 중에서 그 값이 가장 저렴하며, 5.5[kW]이상의 전동기에 적용할 수 있지만 기동전류와 토크가 전전압기동시의 1/3로 고정되고, 조정이 불가능하기 때문에 부하가 걸려 있는 상태로 기동할 때에는 어려움이 있고, 또한 Y-결선에서 Δ -결선으로 변환할 때에 순간적으로 개로(open circuit transition)되기 때문에 변환시의 충격이 크다는 것 등의 결점이 있다.

다. 콘도르퍼(Kondorfet)기동 : 콘도르퍼 기동은 Y- Δ 기동의 결점을 개선한 기동 방식으로서, 단권 변압기를 사용하여, 보통 80,60,50[%]되는 3개의 탭을 가지고 그때 그때의 상황에 따라서 기동 전류와 토크의 조정이 가능하도록 되어 있다. 또한 변환시에는 변압기의 권선이 리액터의 작용을 하게 되어 회로가 개로된 그대로(closed circuit transition)이기 때문에 변환기의 충격도 아주 적다. 이 방식은 값이 비싸므로 소용량의 전동기에는 적합하지 않으며, 소용량의 발전기를 전원으로 하고 비교적 대용량의 전동기를 기동하는 경우에는 가장 적합한 기동 방식이라 하겠다.

라. 리액터(reactor)기동 : 리액터 기동은 기동 토크를 조정하여 완만한 기동을 할 필요가 있는 경우에 흔히 채용된다. 이 기동 방식에서는 회전수가 상승함에 따라서 전동기에 걸리는 전압이 상승하고, 이로 인하여 토크도 급속하게 상승하여 전전압을 인가했을 때의 토크로 접근하므로, 변환시의 충격을 거의 없앨 수가 있다. 그러므로 회전수의 상승에 비례하여 부하 토크가 커지는 용도, 또한 완만한 기동을 해서 변환시의 충격을 피해야 하는 부하에는 가장 적합한 기동 방식이라 하겠다. 한 예를 들어 보면 방적 기계에서 실을 감는 데에는 이 방식을 적용한다.

마. 쿠저(Kusa)기동 : 이는 리액터 기동 방식의 한 변형이다. 리액터 기동을 하는 경우에는 3상에 모두 리액터를 삽입하고 있는데, 쿠저 기동에서는 3개의 리액터 중에서 1상분 또는 2상분의 리액터를 제외하고 있으며, 토크의 조정만을 고려하고 저렴한 기동 방식으로서 채택되고 있다.

바. 1차 저항 기동 : 1차 저항 기동은 리액터 기동 방식에서 리액터 대신 저항기를 사용한 것이다. 그러므로 그 기능면에서는 전자와 별로 변함이 없으며, 저항기를 사용하기 때문에 가격면에서는 다소 저렴해지지만, 회전수가 상승함에 따라서 토크도 상승하는 특성이 리액터를 사용한 경우에 비하여 다소 저하한다. 따라서 Y- Δ 변환시의 충격도 다소 커지기 마련이다.

3) 터널 조명용 배전반을 조명제어에 적합하도록 MAGNETIC CONTACTOR를 부착하여 구성하였다.

4.2.4 GENERATOR

1) 기존 사용되었던 발전기는 3Φ 4W 3.3kV 500kW 60Hz 형식이며 필동측에 1대만 설치되어 있었다. 따라서 1대의 발전기가 양측 변전실로 공급하고 있어 발전전력의 안정적 공급이 어렵고 상호 관리실간의 안전문제등으로 인해 발전기로서의 역할을 다하지 못했다.

2) 1대의 발전기가 분담했던 용량을 각관리실 부하만큼 나누어 한남동 쪽은 신설, 필동쪽은 기존 발전기 철거후 신설로 한다.

4.3 공정 표

제5장 전기설비 기준자료

1 부하의 불평형

가) 저압 수전의 단상 3선식에서 중성선과 각 전압측 전선간의 부하는 평형이 되게하는 것을 원칙으로 하고 부득이한 경우는 설비 불형평률을 40% 까지로 한다.

$$\text{설비불평률} = \frac{\text{중성선각전압측선간에 접속되는부하설비용량의차}}{\text{총부하설비용량의}1/2} \times 100[\%]$$

나) 저압, 고압 및 특고압 수전의 3상3선식 또는 3상4선식의 불평형률은 30%이하로 한다.

다만, 각호의 경우에는 예외로 한다.

- (1) 저압 수전에서 전용 변압기로 수전하는 경우
- (2) 고압 및 특고압 수전에서는 100 kVA이하의 단상 부하인 경우
- (3) 고압 및 특고압 수전에서는 단상 부하용량의 최대와 최소의 차가 100KVA 이하의 단상변압기 2대로 역 V결선하는 경우

$$\text{설비불평률} = \frac{\text{중성선각전압측선간에 접속되는단상부하설비용량의차}}{\text{총부하설비용량의}1/3} \times 100[\%]$$

2 전압강하

1) 저압배선의 전압강하

가) 전선 및 분기회로에서 각각 표준전압의 2%이하로 한다.

나) 전기사용장소안에 시설한 변압기에 의하여 공급하는 경우 간선의 전압강하는 3%이하로 할 수 있다.

※ 간선부분은 인입선 접속점에서 인입구까지이며, 변압기 2차측 에서 주 배전반 까지의 부분도 포함한다.

다) 전선의 길이가 60m를 초과하는 경우는 다음에 의한다.

거리(m)	전 압 강 하 (%)	
	전용변압기에서 공급하는 경우	한전에서 저압 공급의 경우
120이하	5	4
200이하	6	5
200초과	7	6

라) 중성선의 굵기는 전압강하를 고려하지 않는다.

마) 전압강하 공식은 다음에 의한다.

$$1\phi\ 2W \quad e = \frac{30.6 \times L \times I}{1000 \times A} \dots\dots\dots(1)$$

$$3\phi\ 3W \quad e = \frac{30.8 \times L \times I}{1000 \times A} \dots\dots\dots(2)$$

$$3\phi\ 4W, 1\phi\ 3W \quad e = \frac{17.8 \times L \times I}{1000 \times A} \dots\dots\dots(3)$$

e = 각 선간의 전압 강하(V) L = 전선1본의 길이(m)

e' = 중성선과 선간의 전압 강하(V) I = 부하전류(A)

A = 전선의 단면적(mm²)

< 전기설비 기준자료(참고) >

1 부하의 불평형

가) 저압 수전의 단상 3선식에서 중성선과 각 전압측 전선간의 부하는 평형이 되게하는 것을 원칙으로 하고 부득이한 경우는 설비 불형평률을 40% 까지로 한다.

$$\text{설비불평률} = \frac{\text{중성선각전압측선간에 접속되는부하설비용량의차}}{\text{총부하설비용량의}1/2} \times 100[\%]$$

나) 저압, 고압 및 특고압 수전의 3상3선식 또는 3상4선식의 불평형률은 30%이하로 한다.

다만, 각호의 경우에는 예외로 한다.

- (1) 저압 수전에서 전용 변압기로 수전하는 경우
- (2) 고압 및 특고압 수전에서는 100 KVA이하의 단상 부하인 경우
- (3) 고압 및 특고압 수전에서는 단상 부하용량의 최대와 최소의 차가 100KVA 이하의 단상변압기 2대로 역 V결선하는 경우

$$\text{설비불평률} = \frac{\text{중성선각전압측선간에 접속되는단상부하설비용량의차}}{\text{총부하설비용량의}1/3} \times 100[\%]$$

2 전압강하

1) 저압배선의 전압강하

가) 전선 및 분기회로에서 각각 표준전압의 2%이하로 한다.

나) 전기사용장소안에 시설한 변압기에 의하여 공급하는 경우 간선의 전압강하는 3%이하로 할 수 있다.

※ 간선부분은 인입선 접속점에서 인입구까지이며, 변압기 2차측 에서 주 배전반 까지의 부분도 포함한다.

다) 전선의 길이가 60m를 초과하는 경우는 다음에 의한다.

거리(m)	전 압 강 하 (%)	
	전용변압기에서 공급하는 경우	한전에서 저압 공급의 경우
120이하	5	4
200이하	6	5
200초과	7	6

라) 중성선의 굵기는 전압강하를 고려하지 않는다.

마) 전압강하 공식은 다음에 의한다.

$$1\phi\ 2W \quad e = \frac{30.6 \times L \times I}{1000 \times A} \dots\dots\dots(1)$$

$$3\phi\ 3W \quad e = \frac{30.8 \times L \times I}{1000 \times A} \dots\dots\dots(2)$$

$$3\phi\ 4W, 1\phi\ 3W \quad e = \frac{17.8 \times L \times I}{1000 \times A} \dots\dots\dots(3)$$

e = 각 선간의 전압 강하(V) L = 전선1본의 길이(m)

e' = 중성선과 선간의 전압 강하(V) I = 부하전류(A)

A = 전선의 단면적(mm²)

3 허용전류

1) 옥내 절연 전선(IV)의 애자사용배선시 허용전류(내선규정 표1-5)

구분	도체		허용전류(A) 도체가 동인것
	공칭단면적(mm ²)	소선수/지름(본/mm)	
단선	- (0.75)	1.0	(16)
		1.2	(19)
	- (2)	1.6	27
	-	2.0	35
	- (5.5)	2.6	48
	- (8)	3.2	62
연선	-	4.0	81
	-	5.0	107
	0.9	7/0.4	(17)
	1.25	7/0.45	(19)
	2	7/0.6	27
	3.5	7/0.8	37
	5.5	7/1.0	49
	8	7/1.2	61
	14	7/1.6	88
	22	7/2.0	115
	30	7/2.3	139
	38	7/2.6	162
	50	19/1.8	190
	60	19/2.0	217
80	19/2.3	257	
100	19/2.6	298	
선	125	19/2.9	344
	150	37/2.3	395
	200	37/2.6	469
	250	61/2.3	556
	325	61/2.9	650

※ ()안의 수치는 참고로 표시한 것임.

나) 전선관내 IV전선 배선시 허용전류(내선규정 표 1-6)

도 체		동일관, 몰드 또는 덕트속에 넣은 전선수				
단 선	공칭단면적	소선수/지름	3이하	4	5 ~ 6	7 ~ 15
연선별	(mm ²)	(본/mm)	허 용 전 류			
단 선	-	1.2	(13)	(12)	(10)	(9)
	-	1.6	19	17	15	13
	-	2.0	24	22	19	17
	-	2.6	33	30	27	23
	-	3.2	43	38	34	30
연 선	5.5	7/1.0	34	31	27	24
	8	7/1.2	42	38	34	30
	14	7/1.6	61	55	49	43
	22	7/2.0	80	72	64	56
	30	7/2.3	97	87	78	68
	38	7/2.6	113	102	90	79
	50	19/1.8	133	119	106	93
	60	19/2.0	152	136	121	106
	80	19/2.3	180	162	144	126
	100	19/2.6	208	187	167	146
	125	19/2.9	241	216	192	168
	150	37/2.3	276	249	221	193
	200	37/2.6	328	295	262	230
	250	61/2.3	389	350	311	272
	325	61/2.6	455	409	364	318
400	61/2.9	521	469	417	365	
500	61/3.2	589	530	471	412	

다) 전류 감소 계수 (내선규정 표 1-6(2))

동 일 관 내 의 전 선 수	전 류 감 소 계 수
3이하	0.70
4이하	0.63
5또는 6이하	0.56
7이상 15이하	0.49
16이상 40이하	0.43
41이상 60이하	0.39
61이상	0.34

※ 중성선과 접지선은 동일관내 넣을 전선수에 산입하지 않는다.

(단상 3선식 2회로를 동일배관에 넣으면 전선수는 6본이 되지만 4본으로 적용)

라) 절연 전선의 보정계수(내선규정 표 1-7)

절연전선의 종류 및 시설장소의 구분	절연물의 최고허용온도 (℃)	허용전류 보정계수
IV전선(600V 2중 비닐절연전선은 제외한다) RB전선(절연물의 천연고무 혼합물에 한한다)	60	1.00
600V 2중 비닐절연전선(HIV) 600폴리에틸렌 절연전선(절연물이 가교폴리에 틸렌 혼합물인 것은 제외한다) (EV) 스틸렌부타디엔 고무전선	75	1.22
에틸렌프로필렌 고무전선	80	1.29
600V 가교폴리에틸렌 절연전선(CV)	90	1.41

마) EV(또는 HIV) 및 CV 저압 케이블 허용전류표

◦ EV알미늄 파상케이블은 EV와 동일하게 적용한다.

(3선이하 기준)

전 선 (mm ²)	EV 또는 HIV	C	V
5.5	41		48
8	51		59
14	74		87
22	98		113
30	118		137
38	138		160
50	162		187
60	185		214
80	220		254
100	254		294
125	294		340
150	337		390
200	400		462
250	475		548
325	555		642

4. 단락용량 계산

가. 단락 용량 및 단락전류

$$P_s = \frac{P_b}{\%Z} \times 100$$

$$I_s = \frac{P_b}{\sqrt{3} \times E \times \%Z} \times 100$$

- P_s : 단락 용량 (KVA)
- P_b : 계산 기준용량 (KVA)
- %z : 계산 기준용량으로 환산된 Impedance
- I_s : 단락 전류 (KA)
- E : 회로 정격전압 (V)

$$P_{as} = P_s \times K$$

$$I_{as} = I_s \times K$$

- P_{as} : 비대칭 단락 용량 (MVA)
- I_{as} : 비대칭 단락 전류 (KA)
- K : 비대칭 계수 (전원에서 단락발생점까지 X/R를 시간에 따라 변환)

$$\%Z_p/P_b = \frac{P_b}{P_c} \times \%Z/P_c \quad \text{----> 용량성 기기 Impedance 변환}$$

$$\%Z_c/P_b = \frac{P_b}{10 \times (KV)^2} \times \%Z/P_c \quad \text{----> 용량성 기기 Impedance 변환}$$

- %Z_p/P_b : 계산 기준용량으로 환산된 기기 Impedance
- P_b : 계산 기준용량 (KVA)
- %Z/P_c : 용량성 기기 (TR., Motor 등)의 자기용량 Impedance
- P_c : 기기 용량 (KVA)
- %Z_c/P_b : 계산 기준용량으로 환산된 Cable Impedance
- KV : 회로 정격 전압 (KV)
- Z_c : Cable의 선로정류 (Ω/Km)

나. 단락전류 허용 케이블 규격

$$A = I \sqrt{t} / 0.141$$

- A : 케이블 도체 단면적 (mm²)
- t : 고장제거 시간 (Sec.)
- I : 부하전류 (A)

5. 변압기 용량 계산

가. 계산조건

- 1) 변압기 형식 : F종 절연 MOLD 변압기
- 2) 전 압 방 식 : 3Ø 4W 6.6KV/380-220V 조명 및 동력용
3Ø 4W 6.6KV/380-220V 신호용
- 3) 변압기 효율 : 98%
- 4) 계 산 식

$$P = \frac{\sum P_n \times a_n}{\eta}$$

단, P : 변압기 용량
 P_n : 설비 부하
 a_n : 설비 부하의 수용율
 η : 변압기 효율

나. 적용 수용율

구 분	부 하 명	적용기준(%)	비 고
전 압 · 전 열	일반조명/전열	90/100	콘센트 1개당 설비용량 150VA로 한다.
	터널 조명	100	
	터널 전열	1개소 적용	
	비상 조명	0	
	비상 콘센트	0	
냉 난 방	냉 동 기	100	하절기 부하
	냉동기 보조	100	하절기 부하
	전기 온수기	80	동절기 부하
공 조	공 조 기	100	
	급.배기 환	100	
	배연 환	100	급기 겸용의 경우
위 생	오수 펌프	100-80-60	최대의 펌프 : 100% 제2의 펌프 : 80%
	급.배수 펌프	100-80-60	나머지 펌프 : 60%
소 방	관련 펌프	0	
운 송	에스컬레이터	100	
	엘리베이터	20	
	휠체어 리프트	20	
기 타	전동 샷다	0	사용빈도가 적으므로 0%
	총 전기	100	

다. 변압기 용량

각 부하의 적정 수용율과 변압기의 효율을 감안하여 산정하였으며, 적용된 변압기의 설계표준 용량은 다음과 같다.

구 분	설 계 표 준 용 량 (KVA)	비 고
단상변압기 (KVA)	3, 5, 7.5, 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200	
3상 변압기 (KVA)	10, 15, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 750, 800, 850, 900, 1000, 1100, 1250, 1500, 2000	

3. 축전지 용량

가. 계산식

$$C = 1/L\{K_1 I_1 + K_2 (I_2 - I_1) + K_3 (I_3 - I_2) + \dots\}$$

C : 축전지 용량 (Ah)

L : 보수율 (0.8)

K : 용량 환산시간 ($K_1 = 1.55, K_2 = 0.88$)

I : 방전 전류 (A), ($I_1 =$ 연속부하 전류, $I_2 =$ 연속부하전류 + 순시부하전류)

나. 충전기 규격

1) 충전기의 출력전류

$$I_d = I_l + I_c$$

I_d : 직류 정격 출력 전류 (A)

I_l : 상시 최대부하 전류 (A), 제어전원 부하

I_c : 축전지 충전전류 (A) (* 축전지 충전전류 $I_c = C/10$)

2) 충전기의 교류입력

$$PAC = \frac{I_d \times V_d}{\cos \theta \times \eta \times 10^3} \text{ [kVA]}$$

$$IAC = \frac{PAC}{\sqrt{3} \times E}$$

PAC : 충전기의 교류측 입력용량 (KVA)

IAC : 충전기의 교류측 입력전류 (A)

$\cos \theta$: 충전기의 역율 (0.90)

η : 충전기의 효율 (0.80)

V_d : 충전기의 직류측 전압 (110V)

I_d : 직류 정격 출력 전류 (A)

4. 간선 계산

가. 기준 및 계산방법

* 전압강하 : 정격전압의 3% 이내 (내선규정 120, 설계지침)

- * 전선 허용전류 : 주위온도 40℃ , 전선관내 포설 (내선규정 130)
- * 중성선 허용전류 : 전압강하 고려치 않음 (내선규정 205-9)
 - UPS 및 신호용 TR등의 중성선은 고조파 성분을 감안하여 상선의 2배로 함.(NEC 계산후 상선보다 굵은 것 사용)
- * 부하전류 승률 Factor
 - 전동기용 : 고려치 않음 (내선규정 305-6)
 - 전등전열용 : 부하 증설을 감안하여 증 10% 적용 (비상조명제외)
- * 도체 단면 규격 선정 : 전선 허용전류 및 허용전압강하 , 전선의 기계적 강도 고려
- * 허용 전압강하 기준 : 전압강하의 범위는 내선규정 및 제반규정 등을 고려하여 다음의 내용을 기준
 - 전등 및 전열 분기회로 : 2% 이하
 - 전 등 간 선 : 3% 이하
 - 일반동력 , 방재용 간선 : 공장 120M 이하 - 5% 이하
 공장 200M 이하 - 6% 이하
 공장 200M 초과 - 7% 이하
 - 고 압 계 통 : 공급점에서 말단까지 10% 이내
 (한전 설계기준 3001의 4항 참조)

나. 적용공식

1) 고압 간선 (전기설비 기술계산 핸드북 II -51)

$$v = kW \times (R \cos \theta + X \sin \theta) \times L \times I \text{ [V]}$$

$$Re = Vd / (\sqrt{3} \times I \times L)$$

v : 각 선간의 전압강하 (V)

I : 부하 전류 (A)

L : 전선의 공장 (m)

kW : 전기방식에 따른 계수

전기 방식	kW
단상 또는 직류 2선식	2
단상 3선식 삼상 4선식	1
삼상 3선식	$\sqrt{3}$

R : 전선의 1m당의 저항 (Ω / m)

X : 전선의 1m당의 리액턴스 (Ω / m)

θ : 역률각 ($\cos \theta = 0.9$), ($\sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta}$)

2) 저압 간선 (전기공사설계 실무데이터북 4-5)

$$Vd = (K \times L \times I) / (1000 \times A)$$

$$A = (K \times L \times I) / (1000 \times Vd)$$

Vd : 각 선간의 전압강하 (V)

K : 전기 방식에 따른 계수

30.8 : 3상 3선식

17.8 : 3상 4선식

35.6 : 단상 2선식, 직류 2선식

I : 부하전류 (A)

L : 전선의 공장 (M)

A : 전선의 단면적 (mm²)

3) 케이블 (6,600V CV) 선로 정수표

도면 단면적 (mm ²)	R (Ω/Km)	X (WL) (Ω/Km)	$\sqrt{R^2 + X^2}$ (Ω/Km)	Rcosθ + Xsinθ (PF : 0.9)	Rcosθ + Xsinθ (PF : 0.8)
14	1.67	0.192	1.6809	1.5866	1.4512
22	1.06	0.180	1.0751	1.0324	0.9560
38	0.614	0.167	0.6362	0.6253	0.5914
60	0.389	0.156	1.0842	0.4180	0.4048
100	0.234	0.146	0.2756	0.2742	0.2748
150	0.157	0.139	0.2095	0.2018	0.2089
200	0.119	0.136	0.1805	0.1663	0.1767
250	0.0966	0.133	0.1643	0.1449	0.1570
325	0.0756	0.129	0.1495	0.1242	0.1379
400	0.0628	0.126	0.1407	0.1114	0.1258
500	0.0520	0.124	0.1345	0.1009	0.1160

주 : * DATA 참조 : 전기설비 기술계산 핸드북 P11 108
 * 도체온도 : 90℃ * 주 파 수 : 60Hz
 * 도 체 : CU * 포 설 : S = D

4) 케이블 (600V CV) 선로 정수표

도면 단면적 (mm ²)	R (Ω/Km)	X (WL) (Ω/Km)	$\sqrt{R^2 + X^2}$ (Ω/Km)	Rcos θ + Xsin θ (PF : 0.9)	Rcos θ + Xsin θ (PF : 0.8)
8	2.95	0.154	2.9540	2.7221	2.4524
14	1.67	0.146	1.6763	1.5666	1.4236
22	1.06	0.140	1.0692	1.0150	0.9320
38	0.614	0.130	0.6276	0.6092	0.5692
60	0.390	0.126	0.4098	0.4059	0.3876
100	0.234	0.124	0.2648	0.2646	0.2616
150	0.157	0.119	0.1970	0.1931	0.1970
200	0.119	0.119	0.1682	0.1589	0.1666
250	0.0972	0.117	0.1521	0.1384	0.1479
325	0.0764	0.114	0.1372	0.1184	0.1295
400	0.0638	0.113	0.1297	0.1066	0.1184
500	0.0529	0.113	0.1247	0.0968	0.1101

주 : * DATA 참조 : 전기설비 기술계산 핸드북 P II 98
 * 도체온도 : 90℃ * 주 파 수 : 60Hz
 * 도 체 : CU * 포 설 : S = D

변압기 용량별 케이블 규격 현황

600V 가교 폴리에틸렌 절연 CABLE (CV)

TR 용량 (KVA)	정 격 전 류	허용전류 (7-15)	상 선 (mm ²)	허용전류 (16-40)	상 선 (mm ²)	비 고
150	228	249	150-4	260	200-4	
200	303	351	250-4	308	250-4	
250	380	410	325-4	413	400-4	
300	456	471	400-4	467	500-4	
350	532	297	200-8	308	250-8	
400	608	351	250-8	308	250-8	
450	684	351	250-8	361	325-8	
500	760	410	325-8	413	400-8	
550	836	471	400-8	467	500-8	
600	912	471	400-8	467	500-8	
650	988	531	500-8	361	325-12	
700	1,064	531	500-8	361	325-12	
750	1,140	410	325-12	413	400-12	
800	1,216	410	325-12	413	400-12	
850	1,292	471	400-12	467	500-12	
900	1,367	471	400-12	467	500-12	
950	1,443	531	500-12	361	325-16	
1,000	1,519	531	500-12	413	400-16	
1,100	1,672	471	400-16	467	500-16	
1,200	1,824	471	400-16	467	500-16	
1,250	1,900	531	500-16	413	400-20	
1,300	1,976	531	500-16	413	400-20	
1,400	2,127	531	500-16	467	500-20	
1,500	2,279	471	400-20	467	500-20	

※ CABLE 전류 감소 계수를 적용한 것임.

4 배관의 굵기 선정

가) 강제 전선관 굵기 선정(내선규정 표 4-9)

전 선 굵 기		전 선 본 수									
단 선 (mm)	연 선 (mm ²)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		전선관의 최소 굵기(mm)									
1.6		16	16	16	16	22	22	22	28	28	28
2.0		16	16	16	22	22	22	28	28	28	28
2.6	5.5	16	16	22	22	22	28	28	28	36	36
3.2	8	16	22	22	28	28	36	36	36	36	36
	14	16	22	28	28	36	36	36	42	42	42
	22	16	28	28	36	36	42	54	54	54	54
	(30)	22	28	36	42	42	54	54	54	70	70
	38	22	36	36	42	54	54	54	70	70	70
	(50)	22	36	42	54	54	70	70	70	70	82
	60	22	42	54	54	70	70	70	82	82	82
	(80)	28	42	54	70	70	70	82	82	82	92
	100	28	54	54	70	70	82	82	92	92	104
	(125)	36	54	70	70	82	92	92	104	104	104
	150	36	70	70	82	92	92	104	104		
	200	36	70	82	82	92	104				
	250	42	82	82	92	104					
	(325)	54	82	92	104						
	(400)	70	82	104							
	(500)	70	92								

※ ()내 전선의 배관굵기는 피복절연물을 포함한 전선의 총 단면적이 관내단면적의 32%이하가 되도록 계산한 참고치임.

나) 합성수지관의 굵기 선정(내선규정 표 4-19)

전선의 굵기		전 선 본 수									
단 선 (mm)	연 선 (mm ²)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		합성 수지관의 굵기 (mm)									
1.6		14	14	14	16	16	22	22	28	28	28
2.0		14	16	16	16	22	22	28	28	28	36
2.6	5.5	14	16	16	22	22	28	28	28	36	36
3.2	8	14	22	22	28	28	36	36	36	36	42
	14	14	22	28	28	36	36	42	42	54	54
	22	16	28	36	36	42	42	54	54	54	70
	(30)	16	28	36	42	54	54	54	70	70	70
	38	16	36	42	54	54	54	70	70	70	70
	(50)	22	36	42	54	70	70	70	70	82	82
	60	22	42	54	54	70	70	70	82	82	
	(80)	28	42	54	70	70	70	82			
	100	28	54	70	70	82	82				
	(125)	36	54	70	70	82					
	150	36	70	70	82						
	200	42	70	82							
	250	42	82								
	(325)	70	82								
	(400)	70									
	(500)	70									

※ ()내 전선의 배관굵기는 피복절연물을 포함한 전선의 총 단면적이 관내단면적의 32%이하가 되도록 계산한 참고치임.

다) 배관의 내단면적

(1) 후강전선관 내단면적의 32% 및 48% (내선규정 표 4-15)

관굵기 (mm)	32%(mm ²)	48%(mm ²)	관굵기 (mm)	32%(mm ²)	48%(mm ²)
16	67	101	54	732	1,098
22	120	180	70	1,216	1,825
28	201	301	82	1,701	2,552
36	342	513	92	2,205	3,308
42	460	690	104	2,843	4,265

(2) 합성수지관 내단면적의 32% 및 48% (내선규정 표 4-23)

관굵기 (mm)	32%(mm ²)	48%(mm ²)	관굵기 (mm)	32%(mm ²)	48%(mm ²)
14	49	73	42	401	602
16	81	122	54	653	980
22	121	182	70	1,127	1,691
28	196	295	82	1,497	2,245
36	307	461			

(3) 파상형 경질폴리에틸렌 전선관(ELP)의 32% 및 48%

관굵기 (mm)	32%(mm ²)	48%(mm ²)	관굵기 (mm)	32%(mm ²)	48%(mm ²)
30	226	339	80	1,608	2,413
40	402	603	100	2,513	3,770
50	628	942	125	3,927	5,890
65	1,062	1,593	150	5,655	8,482

라) 전선(IV,HIV)의 단면적 (내선규정 표 4-13)

전 선 의 굵 기		단면적(mm ²)	전선관에 넣을 경우 보정계수 (내선규정 4-14, 4-22)를 감안한 단면적(mm ²)
단선(mm)	연선(mm ²)		
1.6		8	16
2.0		10	20
2.6	5.5	20	24
3.2	8	28	34
	14	45	45
	22	66	66
	30	87	87
	38	104	104
	50	133	133
	60	154	154
	80	189	189
	100	227	227
	125	284	284
	150	246	346
	200	415	415
	250	531	531
	325	661	661
	400	804	804
	500	962	962

※ 단면적은 피복을 포함임.

마) 케이블의 단면적

(1) CV 600V단심

공칭 단면적(mm ²)	완성품 바깥지름 약(mm)	단면적(mm ²)
5.5	8.0	50.2
8	8.6	58.1
14	9.8	75.4
22	11.5	103.8
30	12.5	122.7
38	13.5	143.1
50	15.0	176.6
60	16.0	201.0
80	17.5	240.4
100	20.0	314.4
125	22.0	379.9
150	24.0	452.2
200	27.0	572.3
250	30.0	706.5
325	33.0	854.9

(2) CV 600V 2심

공칭 단면적(mm ²)	완성품 바깥지름 약(mm)	단면적(mm ²)
2.0	11.5	103.8
3.5	12.5	122.7
5.5	13.5	143.1
8.0	15.0	176.7
14.0	17.5	240.5

(3) CV 600V 3심

공칭 단면적(mm ²)	완성품 바깥지름 약(mm)	단면적(mm ²)
2.0	12.0	113.0
5.5	14.5	165.0
8	16.0	201.0
14	18.5	268.7
22	22.0	378.0
38	26.0	530.7
60	33.0	854.9

※ 내선규정 부록 0-1 (각종 전선 구조표) 참조

5 입력환산

1) 형광등 (한전 공급규정 제 19조)

정격용량의 125%로 환산

2) 수은등, 메탈등, 나트륨등

방전등 정격용량의 115%로 환산

3) 전동기

사 용 설 비 별			출력표시	입력(KW) 환산율	
전등 및 소형기기			W	100%	
전 열 기			KW	100%	
특수기기(전기용접기 및 전기로)			KW또는KVA	100%	
수 중 전 동 기	오·배 수 용	단 상	KW	146.3%	
		3 상	KW	137.5%	
	깊 은 우물용	단 상	KW	159.6%	
		3 상	KW	150%	
일 반 전 동 기	기 타 (급수, 환, 배수 펌프등)	저 압	단 상	KW	133%
			3 상	KW	125%
		고 압		KW	118%

※ 전동기 출력이 KW와 마력(HP) 두가지로 표시된 때에는 KW를 기준으로, 마력(HP)만으로 표시된 때에는 1마력을 750W로 보고 환산한 후 해당 입력환산을 적용.

6 전선의 굵기 선정

가) 전등전열전선(내선규정 표 2-18)

부하전류 (A이하)	20	30	40	50	75	90	100	125	150	175	200	250	300	350	400
간선굵기 (IV)	3.5	5.5	14	14	22	30	38	50	60	80	100	150	200	250	325
배선용차단기 (AT)	30	30	50	50	75	125	125	150	175	200	200	250	350	400	500

※ 1. 간선굵기는 전선관내 3선이하 배선 기준임.

7 접지선의 굵기 선정

(1) 접지선 굵기를 결정할때는 기계적인 강도, 내식성 및 전류용량 등을 감안하여 선정하나 전류용량에 중점을 두고 다음과 같이 결정한다.

① 접지선의 온도상승

전선에 단시간 전류가 흘렀을 경우의 온도상승은 다음 식으로 표시한다.

$$\theta = 0.008 \times \left(\frac{I}{A} \right)^2 \times t$$

여기서 θ : 전선의 온도상승(℃) I : 전류 (A)

A : 전선의 단면적(mm²) t : 통전시간 (SEC)

② 설계 조건

- 접지선에 흐르는 고장전류의 값은 전원측과 전류차단기(MCCB)의 20배로 한다.
- 과전류 차단기(MCCB)는 정격전류의 20배 전류에서는 0.1초이내에 차단되는 것으로 한다.
- 고장전류가 흐르기 전의 접지선 온도는 30℃로 한다.
- 고장전류가 흘렀을 때의 접지선의 허용온도는 150℃로 한다.
(따라서 허용온도 상승은 120℃로 된다.)

③ 계산 식

먼저 계산식에 상기의 조건을 넣으면 다음과 같이 된다.

$$120 = 0.008 \times \left(\frac{20I}{A} \right)^2 \times 0.1 \quad \text{즉, } A=0.052I \text{로 된다.}$$

8 폴박스 선정기준

가) 폴박스는 배관배선이 집중되는 곳이나 분기할 경우에 사용되며, 폴박스의 단면적은 전선의 피복물을 포함한 단면적의 20%이하가 되도록 선정한다.

나) 폴박스의 크기 결정

※ 전선을 수용하는 폴박스치수의 산정표 (단위:mm)

		폭 (A)	길이(B)	높 이(H)
직선배선의경우	앵글보강이 없는 경우	$A_1 = \sum (P+30)+(30 \times 2)$	Pm의 6~8배	표4에 의함 .
	앵글보강이 있는 경우	$A_2 = \sum (P+30)+(30 \times 2)+2W$		
직각배관의경우	앵글보강이 없는 경우	$A_1 \text{ 또는 } B_1 = \sum (P+30)+30+5Pm$		표4에 의함 .
	앵글보강이 있는 경우	$A_2 \text{ 또는 } B_2 = \sum (P+30)+30+5Pm+2W$		

주) P:전선관의 호칭, Pm:최대전선관의 호칭, W:보강앵글의 폭

※ 케이블을 수용하는 폴박스치수의 산정표 (단위:mm)

		폭 (A)	길이(B)	높 이(H)
직선배선의경우	앵글보강이 없는 경우	$A_1 = \sum (P+30)+(30 \times 2)$	Pm의 16배	표4에 의함 .
	앵글보강이 있는 경우	$A_2 = \sum (P+30)+(30 \times 2)+2W$		
직각배관의경우	앵글보강이 없는 경우	$A_1 \text{ 또는 } B_1 = \sum (P+30)+30+12Pm$		표4에 의함 .
	앵글보강이 있는 경우	$A_2 \text{ 또는 } B_2 = \sum (P+30)+30+12Pm+2W$		

※ 폴박스의 높이 H 의 치수

(단위:mm)

전선관의 호칭	1단배열의 높이	2단배열의 높이	3단배열 이상으로 1단마다 가산하는 높이
16C	100	200	100
22C	100	200	100
28C	100	200	100
36C	200	300	125
42C	200	300	125
54C	200	400	150
70C	200	400	150
82C	300	400	200