이태원 지하차도 전기설비 개량공사

전기설계 보고서

2005. 3.

서울특별시 서부도로 관리사업소

목 차

제1장 사업의 계요
1.1 사업의 배경
1.2 과업의 목적 및 범위
1.3 과업의 개요
1.4 과업의 추진경위 및 과업수행 흐름
1.5 사업의 기대 효과
1.6 과업 결과 요약

제2장 지하차도 전원설비
2.1 인입설비
2.2 분전함설계
2.3 분기회로배선설계
2.4 전력간선설비
2.5 배관설계
2.6 접지

제3장 지하차도 조명설비
3.1 지하차도 조명설비
3.2 지하차도 입출구부 가로등설비
3.3 지하차도등기구 성능 비교 및 경제성 검토

제4장 지하차도 터널조도계산
4.1 조도계산
4.2 설계조건
4.3 설계기준
4.4 기본부 조명

4.5 출구부 조명
4.6 구간별 기준조도계산
4.7 기본부 구간 조도계산
4.8 경계부 구간 조도계산
4.9 이행부 구간 조도계산
4.10 출구부 구간 조도계산

제5장 조명시뮬레이션
5.1 경계부 시뮬레이션
5.2 이행부 1단계 시뮬레이션
5.3 이행부 2단계 시뮬레이션
5.4 출구부 시뮬레이션

제6장 지하재방송장치 형식별 비교

제7장 교통관리 예시도

제8장 공사방법선정

제9장 전기설비기준자료

제1장 사업의 개요

1.1 사업의 배경

· 서울시내의 경우 계속적인 차량의 증가와 서울 다운타운 진입 차량을 포함하면 이태원 지하차도 터널의 경우 서울 교통의 원활한 소통에 아주 중요한 역할을 담당하고 있다.

· 현재의 도로망 체계 내에서 이태원 지하차도 터널은 용산구 이태원동 중심도로에서 삼각지 방향, 남산 3호터널 방향, 반포대교 방향등 지역을 연결하고 있다. 그러나 터널 전기설비의 전반적인 노후화로 인하여 터널 이용자들 에게 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 '이태원 지하차도 전기설비 개량 실시설계를 추진하게 되었다.

1.2과업의 목적 및 범위

1.2.1 과업의 목적

이태원 지하차도 전기설비 및 터널조명설비가 차량 매연 및 노후화로 잦은 고장과 터널내의 조도가 낮아 시민 생활 불편과 안전사고에 노출되어 있어 기종 전기설비 및 터널조명을 현대화 시스템으로 개량함으로서 각종 안전사고 방지 및 조명수준 향상과 에너지 사용 효율성을 증대하고 쾌적한 도시 환경을 조성하여 시민불편 민원해소를 신뢰받는 행정구현으로 전기설비 관리에 만전을 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)사 업 명: 이태원 지하차도 전기설비 개량공사 실시설계용역
2)위　　치: 이태원원동
3)규　　모: 지하차도(반포대교방향 300m 이태원방향 300m)와 분전반 옥외2면, 지하재방송 옥외함1면
4)사업시행처 : 서울특별시 서부도로 관리사업소
5) 과업내용
가. 각종 시설물 조사 및 검토
나. 과업수행 계획서
다. 한전공급 검토 및 설계
라. 각종 전선로 검토 및 설계

마. 터널내 전기시설물 검토 및 설계
바. 기타 시공에 필요한 내용의 설계도서

1.4 과업의 추진 경위 및 과업 수행의 흐름

1.4.1 과업 추진경위

-입찰 및 계약 : 2005. 3. 2
-조사 및 보고서 제출 : 2005. 3. 4. ~ 2005. 3. 6
-기본계획 설계 : 2005. 3. 7 ~ 2005. 3. 10
-기본계획 협의 : 2005. 3. 10
-실시설계 협의 : 2005. 3. 28

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

-조명환경개선에 의한 터널 이용운전자의 실제적, 심리적 안정성 유지
-터널 외부조건에 순응하여 필요한 만큼의 휘도 유지로 인한 에너지 절감
-분전반 제어 SYSTEM 도입으로 인한 관리인력의 절감 및 안정성 확보

1.6 과업 결과 요약

<표 - 1> 과업 결과 요약표

항 목	신 설	개 량	재 시 설	비 고
터널조명설비		○		
지하차도진입 가로등설비		○		
분 전 반 설 비		○		
지하재방송설비		○		

제 2 장　지하차도 전원 설비

2.1 인입 설비

1) 개　요

본 지하차도는 조명시설이 구비되는 조건을 갖추고 있는바 전기공급조건에서 최대한 무정전 상태로 운전되어야 하고, 전압변동 및 양질의 전력을 안전하게 공급하여야 하는 면을 주 고려하고, 정전사고에 대한 대비와 효과적인 전력 공급 방법을 선택하였다.
본 지하차도에 필요한 전원은 한국전력공사 이태원 R-11 옥외 PAD TR에서 전력을 공급하도록 한다.
본 전기설비의 계획은 지하차도 및 부속설비의 운영에 필요한 전기설비 용량을 추정하여 전기설비의 개요파악과 설비용량에 필요한 주요기기의 선정, 주 회로의 구성 및 주요기기의 용량등을 검토 반영 하였다.

2) 최대 수요 전력의 산정

구　　분	예상부하용량(VA)	수용율(%)	수용부하(VA)	비고
(1) 터널 조명 부하(LP-1)	44,282	100	44,282	가로등 4,600VA포함
(2) 터널 조명 부하(LP-2)	44,528	100	44,528	가로등 4,600VA포함
계	88,810	100	88,638	

3) 인입 전압 : 수전전압은 한국전력의 전기공급규정에 따라 본 지하차도 가로변 옥외PAD R-11 TR(기준용량 1∅220V 150KVA)에서 기계약 수전중인 2구좌로 인입.

4) 인입 방식

한국전력공사 반포로 R-11 PAD TR 150KVA 변압기에서 1∅220V 2구좌로 인입한다.

5) 한전공급계약

구분	회로명	한전계량기	부하용량	계약용량	비고
1구좌	LP-1	LP-1 내장	44,282VA	45,00VA	
2구좌	LP-2	LP-2내장	44,528VA	45,00VA	
합계			88,810VA	90,00VA	
특기사항 : 기계약 용량 : 75,000VA 개량후 용량 : 90,000VA　　추가 증설계약 : 15,000VA					

2-2 분전함 설계

2-2-1 분전함 설계

분전함은 부하용량, 전기방식, 분기회로수, 점소등 제어방법에 따라 결정된다

2-2-2 사용전압

분전함에 공급 되는 전압은단상2선식 AC 220V를 원칙으로 하며, 인입거리가 긴 경우 등 부득히 한 경우 3상4선식 AC 380V/2220V의 전원을 택할수 있다.

2-2-3 정격

가로등용 분전함의 기기정격은 KS C 8324에서 적용한 규격에 의하며, 각 개폐기의 정격은 다음과 같다.

1. 단상 주 개폐기

⑴ 형식명칭 : MCCB

⑵ 극　　수 : 2P

⑶ 정격전압 : AC 600V

⑷ 정격전류 : 200AT 이하

⑸ 정격차단전류 : 10kA(Sym)이상

⑹ 보호기능 : 과부하, 단락보호 겸용

2. 3상 주 개폐기

⑴ 형식명칭 : MCCB

⑵ 극　　수 : 4P

⑶ 정격전압 : AC600V

⑷ 정격전류 : 200AT이하

⑸ 정격차단전류 : 10kA(Sym)이상

⑹ 보호기능 : 과부하, 단락보호 겸용

3. 분기 개폐기

⑴ 형식명칭 : ELCB(누전차단기)

⑵ 극　　수 : 2P(2P2E)

⑶ 정격전압 : AC200V

⑷ 정격전류 : 30A이하

⑸ 정격차단전류 : ①30mA, 0.03초 이내 혹은

②50mA 0.1초이내

(단, ②항은 연접접지저항 10Ω이하로 유지될 경우)

⑹ 보호기능 : 과부하, 단락보호 겸용

4. 전자접촉기

KS C 4504에 적합한 전자접촉기로서 그 규격은 다음과 같다

⑴정격사용전압 : AC 220V

⑵ 정격용량 : 7.5kW 이상(분기회로 용량에 따라 적용)

⑶ 조작전압 : AC 220V

⑷정격주파수 : 60Hz

⑸보조접점 : 2a2b

5. 제어회로용 누전차단기

⑴형식명칭 : ELCB(누전차단기)

⑵ 극 수 : 2P(2P2E)

⑶ 정격전압 : AC200V

⑷ 정격전류 : 30AF/5AT

⑸ 정격감도전류 : 30mA 이하

⑹동작시간 : 0.1sec

⑺보호기능 : 누전, 과부하, 단락보호 겸용

2-2-4 분기 누전차단기의 정격부동작 전류

정격부동작 전류가 정격감도전류의 50%이상인바, 유지관리 측면을 고려하여 구매시 적절한 값을 선택할 것.

2-2-5 분기개폐기별 최대전등부하

⑴한 개의 분기회로에 접속하는 부하용량은 연속통전 전류가 분기개폐기 정격전류(AT)의 80%이하이어야 한다.

⑵안정기의 시동입력전류에 대한 고려

램프종류와 안정기 Type에 따라 시동전류가 큰 경우가 있으므로 분기회로 부하 산

정시에는 시동전류의 영향을 고려할 필요가 있으며, 시동전류의 영향 때문에 분기개폐기가 Trip 되지 않도록 해야 한다.

예를 들어 메탈할라이드 램프를 Choke Coil형 안정기와 같이 사용할 경우는 최대부하전류에 가까운 부하에서는 시동전류의 영향을 고려해야 한다

2-2-6 환산부하용량 산정

가로등의 환산부하 용량은 방전등(메탈하라이드등, 나트륨등)을 사용하므로 안정기 손실을 감안하여야 한다. 따라서 램프 정격용량(W)의 115%로 산정하고, 부하역률은 0.9를 적용한다.

2-2-7 차단용량

(1)주개폐기의 정격차단용량은 설치현장 전원인입점의 차단용량을 고려한 계산치와 정격에서 최소차단용량을 비교하여 높은 차단용량을 적용한다.

(2)분기개폐기의 정격차단용량은 설치현장 전원인입점의 차단용량을 고려한 계산치와 정격에서 최소차단용량을 비교하여 높은 차단용량을 적용한다.

(3)제어회로용 누전차단기(30AF/5AT)의 차단용량은 주 개폐기 정격차단용량과 같거나 그 이상이어야 하며, 제어회로용 누전차단기는 KS C 4613에 적합한 누전차단기를 사용하여야 한다.

2-2-8 재질 및 형식

분전함의 재질은 스텐레스스틸 혹은 철판으로 하며, 형식은 옥외자립형 또는 옥외자주형으로 한다.

2-3 분기회로 배선설계

2-3-1 전기방식

분전함 분기개폐기로부터 각 등주로 공급되는 전원은 단상 2선식 220V로 한다

2-3-2 전선

(1)전선의 종류

수전점으로부터 조명기구에 전원을 공급하기 위한 전선은 그 구간의 조건에 따라 배전방식에 적합한 조유를 선정해야 한다. 배전에 필요한 전선의 종류는 일반적으로 다음과 같다.

(가) 주간선 : 분전함에서 각 등주에 연결되는 지중선로 Cable로서 신축성이 좋은 연선을 사용하며, 간선의 최소굵기는 5.5㎟이상으로 하고 최대굵기는 시공성을 감안하여 60㎟를 초과하지 않도록 하고, CV Cable을 사용한다.

(나)리드선 : 주간선에 분기하여 안정기에 전원용을 공급하는 선을 리드선이라 하며, 리드선의 길이은 1m 이내로 하고, 굵기는 CV 3.5㎟X1C 연선을 사용한다.

(다)등주내배선 : 안정기로부터 등기구에 연결되는 배선을 말하며, 등주내 굴곡부분의 안전을 위하여 CV 3.5㎟X2C 케이블을 사용한다.

⑵전선의 Size

(가) 분전함으로부터 각 등주간 연결하는 케이블 규격에 대한 고려 일반구내 전기설비에서의 케이블 규격은 케이블의 허용전류에 의해 결정된 것이 일반적이나, 가로등 부하에 비해 선로길이가 긴 것이 특징이다.

이와 같은 특징 때문에 가로등 선로의 전선 Size는 허용전류에 의한 선택보다 전압강하 계산에 의해서 결정해야 된다.

그러나 조명탑이나 경관조명등 밀집부하인 경우는 전선의 허용전류도 감안하여 결정하여야 한다.

(나)정격전류를 고려할 때에는 동일전선관내 4선 이상의 전선이 포설될 경우 아래와 같은 정격전류 감소계수를 적용한다.

정격전류 감소계수표

전력선수	감소계수(%)
4～6	80
7～9	70
10～20	50
21～30	45

위의 경우 중성선은 전력선수에 포함해야 하며, 연접접지선은 포함하지 않는다.

2-3-3 분기회로

⑴분전반으로부터 전등부하까지의 허용전압 강하율은 아래와 같다.

전압강하율표

길이	%	220V경우의허용전압강하
60m 이하	2	4.4V
120m 이하	4	8.8V
200m 이하	5	11V
200m 초과	6	13.2V

⑵단상2선식 전압강하 계산식(간이식)은 다음과 같다.

e = 0.0356IL/A[V]

e : 전압강하[V]

A : 전선단면적[㎟]

L : 선로 경간거리[m]

I : 선로전류[A]

단, 선로온도 20℃ 상태이며, Cable Reactance는 고려하지 않음

⑶터널제어기

터널조명제어회로의 구성은 다음과 같이 구성한다.

1.터널제어기		
주,야 상시등	프로그램방식	항상동작
상시등(일출,일몰)	프로그램방식	일몰일출
주간상시등	프로그램방식	야간소등
주간흐림등	프로그램+조도센서	조도센서에 의한 주간동작
심야	프로그램방식	차량 빈번하지 않은 시간대 소등
2.회로구성		
1-상행상시 : 항상켜져 있음 2-상행심야 : 심야에만 꺼짐 3-상행야간 : 심야, 야간에 꺼짐 4-상행흐림 : 심야, 야간, 흐림에 꺼짐 5-상행가로등: 일몰에 켜지고 일출에 꺼짐		6-하행상시 : 항상켜져 있음 7-하행심야 : 심야에만 꺼짐 8-하행야간 : 심야, 야간에 꺼짐 9-하행흐림 : 심야, 야간, 흐림에 꺼짐 10-하행가로등: 일몰에 켜지고 일출에 꺼짐
맑음시 : 1,2,3,4〈동작〉		맑음시 : 6,7,8,9〈동작〉
3.센서		
1)조도센서는 제어반 상부에 선세부착을 하여 주간흐림소등을 제어한다 2)일출일몰등은 제어반 상부 GPS 인공위성 수신에 의하여 일몰일출제어한다		

2-3-4 선로규격 산출방법

⑴분산부하 계산방법

수전점 부근에서는 굵고, 부하전류의 크기에 따라 종단으로 갈수록 가늘어지는 전선을 사용하는 방법으로 전압강하 분포가 일정하게 되며 전선의 중량과 전압강하

에 따른 손실을 감소시킬수 있다. 단면적을 점차 저감시키는 것이 계산은 복잡하나 에너지 절약 및 자원절약 측면에서 유리하며 본 설계에 적용함.

⑵집중부하 계산방식

수전점에서 종단까지 부하전류의 크기에 관계없이 동일 단면적의 전서을 사용하는 방법으로 전선굵기 단일화로 취급의 편리성은 있으나, 수전접 부근에서 전압강하가 크며, 종단부근에서는 전압강하가 적어 전구간의 전압강하를 일정하게 조정할 수 없고, 수전점 부근에서 많은 열손실이 일어나며, 이로 인한 케이블의 열화가 다른구간 보다 많고 시간이 지남에 따라 케이블의 절연감소 현상이 많게 된다.

2-4 전력 간선 설비

1) 전선 및 케이블

전선로의 재료는 IV, CV, EV 등을 아래와 같이 비교 검토하여 다음과 같이 선정한다.

□ **배선재료의 검토**

검 토 항 목	I V	E V	C V	비 고
절연 체재질	비닐	폴리에틸렌	가교 폴리에틸렌	
주 용 도	저압 옥내용	저압, 고압, 옥내·외용	저압, 고압, 특고압 옥내·외용	
인장감도(㎏/㎟)	약함	보통	우수	
허 용 온 도	60℃	75℃	90℃	
단 락 강 도	100%	102%	140%	
내 화 학 성	불리	우수	우수	
허 용 전 류	낮음	높음	매우높음	
경 제 성	(100%)불리	(87%)다소불리	(73%)유리	
유 지 보 수	불리	유리	유리	
시 공 성	유리	다소불리	불리	
색 상 구 분	용이	불리	불리	
안 정 성	양호	양호	매우양호	
검 토 의 견	상기 비교내용의 결과로 주간선들은 CV케이블을 사용한다			

구 분	용 도	종 류
전 력 간 선	지하차도 조명 설비	600V CV CABLE
	접 지	GV WIRE
	비상콘센트	600V CV CABLE

2) 배선방식

전력간선 배선방식은 시공성과 경제성 향후 유지 관리성을 고려하여 아래와 같이 옥외 부분에 노출 DUCT를 설치하여 이용한다.

□ **간선의 배선 방안 검토**

구 분	CABLE DUCT 사용	강제 전선관 사용
장 점	• 많은 회선을 일괄하여 배선 가능 • 배선이 용이 • 유지보수가 용이 • 시공이 간편 • 전선관 공사보다 싸다 • 장구간일 경우 유지보수 용이.	• 구부리기 및 취급이 용이. • CABLE의 완전보호가 가능. • 매입배관시 미관이 좋다. • 단구간일 경우 유지보수 용이.
단 점	• CABLE의 완전보호가 어렵다. • 지지 철물이 필요 • 약전류 전선과 같이 사용할 때 별도의 차폐시설이 필요	• 분기마다 풀복스가 필요하다. • 많은 회선을 배선할 수 없다. • 배선 및 유지보수가 어렵다. • DUCT 공사보다 비싸다.
경 제 성	저 렴	고 가
검토의견	본 시설의 전력간선은 시설비가 저렴하고 유지보수가 용이한 용융도금강판CABLE DUCT 방식을 채택하였다.	

3) 전압강하

<u>전선길이가 60m를 초과하는 경우의 전압강하</u>

공급변압기의 2차측단자 또는 인입선 접속점에서 최원단의 부하에 이르는 사이의 전선길이(m)	전 압 강 하 (%)	
	사용 장소에 시설한 전용 변압기에서 공급하는 경우	전기사업자로서 저압으로 전기를 공급받는 경우
120 이하	5 이하	4 이하
200 이하	6 이하	5 이하
200 초과	7 이하	6 이하

2-5 배관설계

2-5-1 전선관 종류

(1)합성수지제 가요 전선관(평활관 CD-P, 구 명칭 : PE관)

KS규격 : KS C 8454-1992(1997확인)

평활관(CD-P)은 파부(波付)가 없는 민자관으로 가로등 배관에 사용한다.

모양의종류 / 관의종류	파부(波付)관	평활관	용도
PE관	PE	PE-P	난연성인 것
CD관	CD	CD-P	난연성이 아니 것

KS C 8454의 WSJTJS관 종류중 파부관은 가요성은 있으나 강도가 약하여 콘크리트 매입의 경우에 주로 사용하고 가로등 선로의 배관용으로는 적합지 않다.

호칭방법 : CD-P22(평활관 22mm)

(2)파상형 경질 폴리에틸렌 전선관(구 명칭 : ELP관)

KS 규격 : KS C 8455-1987(1997확인)

관의 기호 : FEP

지중매설하는 전력용케이블 보호용으로 사용하고 있으나 관경이 작은 경우 중량물, 자갈등에 의하여 관이 찌그러지는 현상이 있으므로 시공시 주의가 필요하다.

(3)강제전선관

차도횡단 및 중량물로 인하여 전선관 압력이 예상되는 곳은 강관제를 사용한다. 강제 전선관을 지중매설할 때는 아연용융도금 전선관을 상요하고 부식방지에 유의할 필요가 있다.

2-5-2 전선관 단면적

(1)서로 다른 굵기의 절연전선을 동일 관내에 넣는 경우 합성수지관의 굵기는 전선의 피복 절연물을 포함한 단면적의 총합계가 전선관의 내단면적의 32% 이하가 되도록 선정한다.

(2)교량동 콘크리트 구조물에 매입하는 전선관은사후 유지관리를 고려하여 시점부부터 종점부까지 산출 최대구경의 동일 크기 전선관을 부설할 수 있다.

2-6 접지

2-6-1 접지시공

(1)분기개폐기인 누전차단기의 정격감도전류 50(mA), 동작시간 0.1초를 선택시 분전함의 접지저항과 가로등주 개별접지저항 값은 각각 100(Ω)이하(제3종접지)로 하고, 분전함 접지와 가로등주의 개별접지선을 연결(연접접지)하여 분전함에서 측정한 접지 저항값이 10(Ω)이하가 되도록 유지한다.

(2)분전함 자체 접지선의 굵기는 14㎟이상, 가로등주 개별 접지선의 굵기는 5.5㎟이상으로 하고 , 분전함과 가로등간 연결하는 연접접지선의 굵기는 선의 강도를 감안하여 8㎟를 사용한다.

(3)분전합과 가로등간 연결하는 연접접지선의 종류는 녹색 절연전선(GV)으로 가로등 전선과 같은 배관내에 포설한다.

2-6-2 접지설계(NEC 250-52)

(1)접지봉의 길이는 2.4m 까지는 아래 그림과 같이 길이가 길수록 접지저항 저감 효과가 있다. 그러나 접지봉의 길이는 현장여건에 다라 적절한 길이를 선택하는 것이 좋다.

(2)접지봉의 지름은 일정한 값 이상이 되면 지름의 크기에 비해 접지저항 저감효과가 별차이가 없기 때문에 접지봉의 지름은 19mm 보다 더 클 필요는 없다. 단지 접지봉을 땅에 설치시 구불어지지 않도록 최소한의 굵기가 필요하다.

(3)동접지판을 매설할 경우 넓이 0.18㎡이상, 두께1.5mm이상일 필요가 있으며 매설 깊이는 760mm 이상이 바람직하다.

(4)접지봉을 2개 이상 설치시는 접지봉간 간격은 1.8m 이상 떨어져야 효과적이다.

터 종점부까지 산출 최대구경의 동일 크기 전선관을 부설할 수 있다.

제 3 장 지하차도 조명 설비

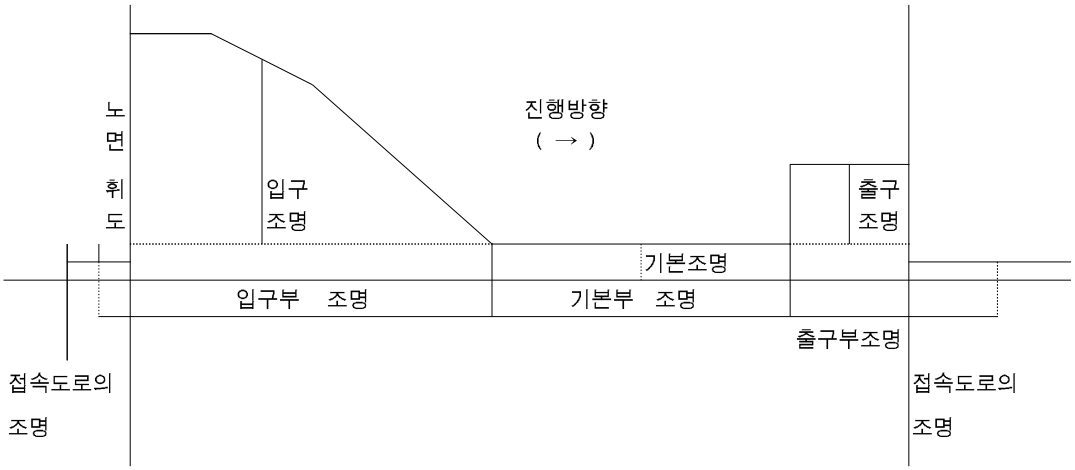
3.1 지하차도 조명 설비

1) 지하차도 조명의 개요

지하차도 조명은 일반도로 조명과는 달리 주간에 조명이 필요하다는 점과 주위가 측벽으로 제한되어 있으므로 주행상 특히 주의를 요하는 등의 특수성을 가지고 있다. 그러므로 터널에 설치하는 조명시설은 설계속도, 교통량, 노면휘도, 신형 등에 의하여 적절한 조명설비를하여 운전자의 시각장애를 줄이고 터널내 도로의 선형이나 구배 등을 가능한한 확실히 파악시켜 효과적이고 원활한 교통소통에 기여하고 교통사고에 의한 인명과 재산 피해를 감소시킬 수 있도록 설계한다.

2) 지하차도 조명의 구성

지하차도 조명의 구성은 다음 그림 1과 같이 지하차도내에 설치하는 조명과 지하차도 전, 후의 접속도로에 설치하는 조명으로 구성되며, 지하차도내에 설치하는 조명은 그 기능에 따라 기본조명, 입구조명 및 출구조명으로 구성된다.



[그림 1] 지하차도조명의 구성

⑴ 기본 조명

지하차도를 주행하는 운전자가 전방에 있는 장애물을 확인하는데 필요한 최소 밝기를 제공하기 위한 기본적인 조명으로 지하차도 전구간에 걸쳐 조명기구를 일정간격으로 배치하여 조명하는 것으로 기본조명의 평균 노면휘도는 아래 표1과 같이 교통량이 적은 심야대에는 운전자의 눈의 순응을 감안하여 기본휘도의 1/2로 기준하여 에너지를 절약할 수 있도록 한다.

표 1. 기본부 조명의 평균 노면휘도 (KSA-3703)

설 계 속 도 (km/h)	평균 노면휘도 (cd/㎡)	
	기본조명	심야시
60	2.3	1.2

⑵ 입구부 조명

* 입구부 조명 설비는 지하차도입구 부근의 야외휘도, 설계속도, 터널 길이에 따라 달라지며 지하차도 내에서의 조도완화를 위하여 경계부, 이행부, 완화부 등으로 단계적으로 감광하도록 한다.
* 경계부의 노면휘도는 지하차도 입구부근의 운전자 시야상황에 따라 정해지는 야외휘도의 연간출현빈도를 고려하여 설정되는 값에, 설계속도에 따라 정해지는 계수를 곱한 값으로 한다.
* 이행부 및 완화부의 노면휘도는 경계부의 노면휘도값을 100%로하여 그림과 같이 지하차도 입구로부터 거리에 따라 감소시키고, 기본부 조명의 노면휘도 값에 따라 매끄럽게 접속하는 것으로 한다.

표2. 설정되는 야외 휘도

설계 속도 (km/h)	20도 시야내의 점하는 공간의 비율 (%)							
	20 이상		20 - 10		10 - 5		5 - 0	
	주위의 상황 (단위 : cd/㎡)							
	밝음	보통	밝음	보통	밝음	보통	밝음	보통
60	5000	4000	4000	2500	3000	2000	3000	1500

표3. 야외휘도에 곱하는 계수

설 계 속 도 (km/h)	계 수
60	0.04

⑶ 출구부 조명

출구부 조명은 지하차도내부에서 출구쪽을 향해 70M 이상에 걸쳐서 노면휘도 30nt(cd/㎡) 이상의 조명시설을 하도록 한다.

⑷ 정전시 조명

정전시 조명은 정전직후 위험을 피하기 위하여 정전시 발전기에 접속된 비상조염기구를 점등시키고 이어서 야간의 상시회로와 심야회로에 공급하여 상용전원 공급시 자동으로 절환되도록 한다.

3) 지하차도 조명기구 배열

(1)구간별 조도기준계산
1)기본부 구간
2)경계부구간
3)이행부구간 1단계
4)이행부구간 2단계
5)출구부구간

(2)조명기구배열
1)조명시뮬레이션에 의한 최적의 조도계산을 하여 배치한다.

4) 조명 설계의 채택

⑴ 조도 환산 기준

구 분	내 용
야 외 휘 도	1,500 cd/㎡
설 계 속 도	60 km/h
노 면 상 태	아스팔트 포장 (18 lx/nt : 도로공사 기준)
평균 노면휘도 (cd/㎡)	9.0 (cd/㎡)
지 하 차 도 내 장	벽면:타일, 상부:콘크리트, 바닥:아스팔트
보 수 율	0.65
조 명 율	0.34

⑵ 조도 환산

조도환산 기준에 의하여 각 구간별 조도를 환산하면 다음과 같다.

구 분	거리(m)	조 도 환 산
경 계 부 구 간	60	2,000×0.07×13×100%=1,820lx
이행부 최종점 구간	120	2,000×0.07×13×50%=910lx
완화부 최종점 구간	160	2,000×0.07×13×10%=182lx

⑶ 지하차도 조도 기준

구 분		경계부	이행부	완화부	기본부	출구부	비 고
긍장(m)	기 준	60	120	160	-	70	
	설 계	60	120	168	-	72	
조도(lx)	기 준	1,820	910	180	120	400	
	설 계	1,941	1,031	186	148	419	

5) 조명회로는 주간조명(맑음), 주간조명(흐림) 기본조명(주간등, 야간등) 기본조명(심야등)정전보상형 타이머로 제어회로 방식을 채택하였다.

6) 조명 기구 및 광원

⑴ 조명기구의 선정

지하차도 조명기구 적절한 배광 및 눈부심제어, 조명율 및 유지보수에 쉬운 구조이며, 방수 박킹 및 내구성과 개폐빈도에 거의 영향을 받지 않는 스테인레스제로 선정한다.

⑵ 광원의 선정

광원의 선택에 있어서 광속, 효율, 수명, 광색, 안정기, 기구의 설치장소의 환경조건, 경제성 등에 대해 조명에 필요한 일반적인 사항을 검토함과 동시에 지하차도 조명으로서 고려하여 선정한다.

3.2 지하차도 입·출구부 가로등 설비

야간에 지하차도 내부만 조명이 있고 접속도로에 조명이 없을 경우 접근하는 자동차 운전자가 도로폭 및 선형을 파악하기 곤란하고, 또한 자동차가 출구에 도달했을 때 지하차도 출구가 어두운 구멍 (BLACK HOLE)으로 보여 접속도로의 선형 및 장해물의 존재 등을 알 수가 없어 위험하므로 지하차도 입·출구부 접속도로에 조명시설을 하도록 하며 기존 가로등의 노후로 교체 설치한다.

제4장 지하차도터널 조도계산

4.1 조도계산

사용광원

광원의 종류	광원의 용량	광속[lm]	사용장소
고압나트륨램프	NH 250W	25,000	경계부, 이행부, 출구부
고압나트륨램프	NH 150W	14,000	경계부, 이행부, 출구부

계 산 식

$$E = \frac{N \cdot F \cdot U \cdot M}{W \cdot S}\ [lx] \qquad F = \frac{E \cdot W \cdot S}{N \cdot U \cdot M} = K \cdot E \cdot S \qquad \left(K = \frac{W}{N \cdot U \cdot M} \right)$$

E : 노면 (차도폭)의 평균조도 〔lx〕
F : 광원의 광속 〔lm〕
U : 조명율
M : 보수율
N : 배열계수 (2)
W : 차도폭
S : 조명기구의 취부간격 〔m〕

각구간별 조도 결과

구 분		경계부	이행부 1	이행부 2	이행부 3	완화부 1	완화부 2	완화부 3	기본부	출구부	합계
기준거리(m)		30	30	35	-	-	-	-	-	70	
기준조도(lx)		1080	864	650	-	-	-	-	60	400	
설계조도(lx)	맑은날	1092	896	723	-	-	-	-	80	440	
설치거리(m)		11.0x3 = 33	11.0x3 = 33	11.0x3 = 33	-	-	-	-	-	11.0x4 = 44	143
차도	NH 250W	42	30	24	-	-	-	-	-	15	111
	NH 150W	6	12	6	-	-	-	-	-	18	42
합계		48	42	30	0	0	0		0	33	153

*비조명구간 7.0m

4.2 설계조건

구 분		조건
설 계 속 도		60 [km/h]
야 외 휘 도		1,500[cd/㎡]
교 통 량		20,000[대/일]이상
터 널 길 이		150.0[m]
구 배		2[%] 이상
통 행 방 식		편도2차로
도 로 전 폭		7.3[m]
차 로 폭		7.0[m]
조명등 설치 높이		4.5[m]
조명등 배열 방식		벽면배열
터널 내장재	천 정	콘크리트
	벽 면	타 일
	노 면	아스팔트

4.3 설계기준

1) 입구부의 설정되는 야외휘도(서울시 도로 기전시설물 유지관리 요령 제8장 118p)

- 터널입구부의 설정되는 야외휘도는 터널입구에서 시거만큼 앞쪽에 있는 운전자의 눈위치에서 본, 터널을 중심으로 한 시각지름 20°인 시야의 평균휘도로서
- 설계속도가 60[km]이고
- 지형상 운전자의 20°시야내에 점하는 공간의 비율이 5[%]미만이므로

표2.1 설정되는 야외휘도에서 1,500[cd/ ㎡]으로 적용한다.

표2.1 설정되는 야외휘도(서울시 도로 기전시설물 유지관리 요령 표8.2)

설계속도 [km/h]	20도 시야(2) 내에 점하는 공간의 비율[%]							
	20 이상		20～10		10～5		5 미만	
	주위의 상황 단위 : [cd/㎡]							
	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.

2) 야외휘도에 곱하는 계수 선정

- 입구부의 노면휘도는 터널입구부근의 운전자 시야상황에 따라 정해지는 야외휘도의 값에 설계속도에 따라 정해지는 표2.2 야외휘도에 곱하는 계수를 적용.

표2.2 야외휘도에 곱하는 계수(서울시 도로 기전시설물 유지관리 요령 제8장 표8.3)

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

3) 평균조도 환산계수

- 평균노면휘도[cd/㎡]를 평균노면조도[lx]로 환산하는 계수

표2.3 평균조도 환산계수(서울시 도로 기전시설물 유지관리 요령 별표2)

노 면 상 태	평균조도 환산계수	적 용
콘크리트	13[lx/cd/㎡]	
아스팔트	18[lx/cd/㎡]	○

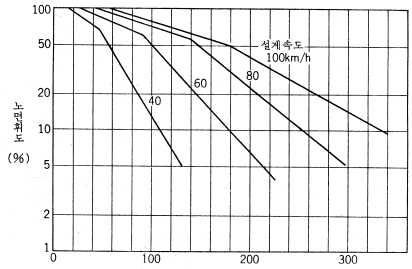
4) 조도기준 설정

1) 입구부 조명

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

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.

터널조도 기준은 터널 입구부의 노면휘도 그림에서 이행부 및 완화부가 점차적으로 감소되므로 전체 길이를 구간별 4단계로 구분하여 중간치를 채택.



KSA3703 터널조명기준 그림3(서울시 도로 기전시설물 유지관리 요령 제8장 그림8.3)

4.4 기본부 조명

가. 기본부 조명의 평균 노면휘도는 설계속도에 따라 다르며

나. 본 지하차도의 설계속도가 60[km/h]이므로 2.3[cd/㎡]로 채택

표2.4 기본부 조명의 평균노면휘도(서울시 도로 기전시설물 유지관리 요령 표8.1)

설계속도[km/h]	평균 노면휘도[cd/㎡]	적 용
100	9.0	
80	4.5	
60	2.3	○
40 이하	1.5	

4.5 출구부 조명

가. 출구부 조명은 야외휘도 값의 1/10이상의 연직면조도의 값을 채택(도로설계 편람(Ⅰ))

나. 출구부 야외휘도 값은 4,000[cd/㎡]을 채택(도로설계 편람(Ⅰ))

4.6 구간별 기준조도 계산

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

= 1500cd/㎡ × 100% × 0.04 × 18lx/cd/㎡ = 1,080(lx)

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

= 2.3cd/㎡ × 18lx/cd/㎡ = 41.4(lx)

* 접속하는 도로에 연속조명이 설치되어 있을 경우에는 야간의 평균 노면휘도는 접속하는 도로의 평균 노면휘도의 2배 이상의 값으로 하는 것이 바람직하다.

따라서 접속하는 도로가 30(lx)이므로 기본부 기준조도를 60(lx)로 산정하였다.

(KS A 3703-터널조명기준)

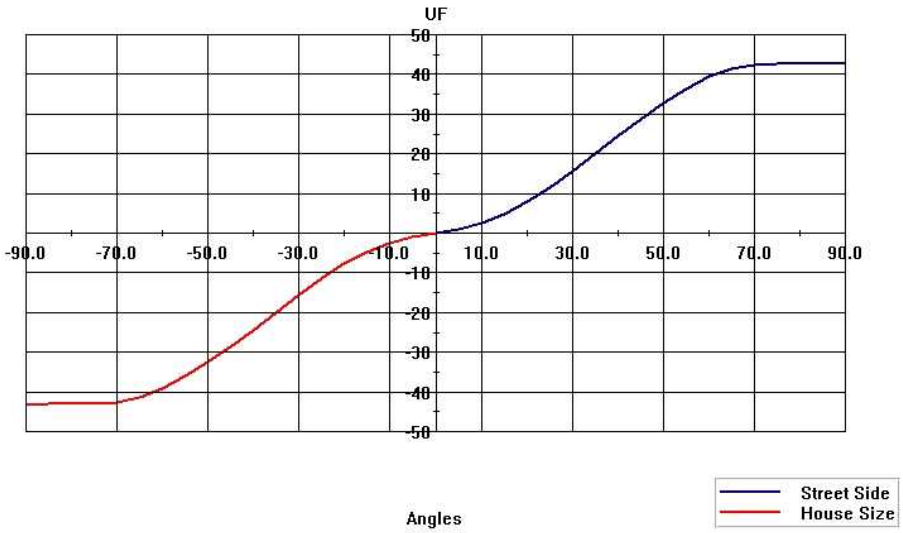
3) 출구부 평균조도[lx] = 야외휘도[cd/㎡]×10[%]

= 4000 × 10% = 400

4) 직사조명율곡선

가. 직사조명율곡선은 사용광원 및 등기구에 따라 특성이 다르므로

나. 설계에 채택하는 등기구의 배광특성을 측정하여 사용



고압나트륨 등기구 조명율 곡선표

5) 조명율 반사계수

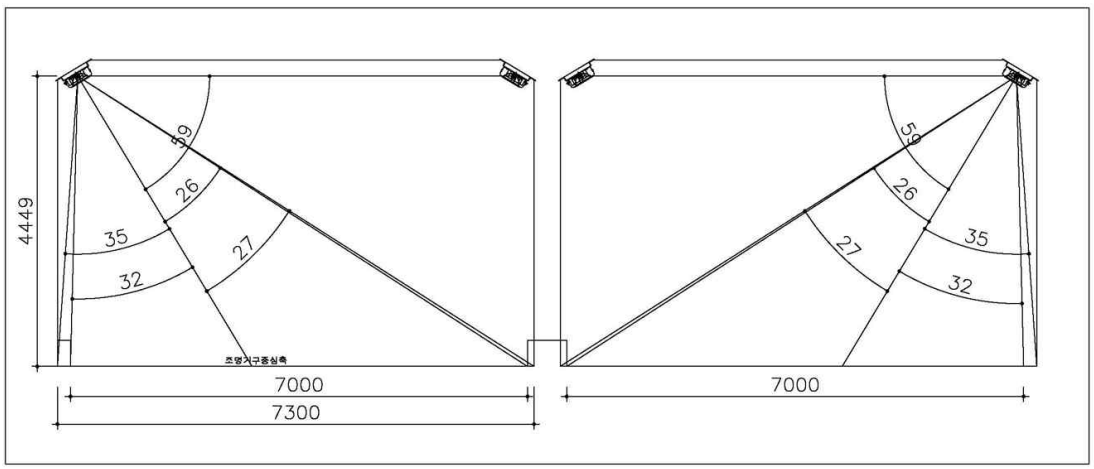
가. 조명율 반사계수는 도로면 전체폭(W_0)와 등기구 설치 높이(H)의 비율에 따른 반사계 수에 의하여 결정

나. $\frac{W_0}{H} = \frac{7.3}{4.5} = 1.62$ 이므로 조명율 1.6을 적용

직 사 조 명 율 계 수

▣ 노면반사율 0.10(아스팔트 포장)

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	1.8	0.10	0.25	0.064	0.106	1.008
		0.40	0.064	0.173	1.011			0.40	0.067	0.178	1.011
		0.60	0.069	0.280	1.016			0.60	0.072	0.284	1.016
	0.25	0.25	0.153	0.112	1.013		0.25	0.25	0.161	0.116	1.014
		0.40	0.162	0.190	1.017			0.40	0.170	0.196	1.018
		0.60	0.173	0.310	1.024			0.60	0.183	0.318	1.024
	0.40	0.25	0.248	0.122	1.019		0.40	0.25	0.261	0.127	1.021
		0.40	0.264	0.208	1.074			0.40	0.277	0.215	1.025
		0.60	0.289	0.341	1.024			0.60	0.301	0.351	1.032



이태원지하차도 조명기구 설치단면 및 반사각도

6) 조명율 계산

천 정 면 : U_{10} = $U_{(90°)}$- $U_{(59°)}$ = 0.427 - 0.389 = 0.038

벽면우측 : U_{20} = $U_{(-90°)}$- $U_{(-35°)}$ = 0.432 - 0.201 = 0.231

벽면좌측 : U_{30} = $U_{(59°)}$ - $U_{(27°)}$ = 0.389 - 0.133 = 0.256

전 노 면 : U_{40} = $U_{(-35°)}$ + $U_{(27°)}$ = 0.201 + 0.133 = 0.334

차 도 면 : $U_{40'}$ = $U_{(-32°)}$ + $U_{(26°)}$ = 0.174 + 0.124 = 0.298

* 노면 Asp 10%, 천정 Con c 25%, 벽면 tile 40%,

상호반사에 따른 조명율 상승을 구할 경우
A_1,A_2,A_3,A_4를 도로면 전체폭 W_0와 등기구 취부높이 H와의 비에 의하므로
W_0/H = 1.6 이므로 직사조명율 표에 의거 계수는 다음과 같다.

A_1 = 0.162, A_2,A_3= 0.190, A_4 =1.017

그러나 도로면 전폭 및 차도폭에 대해 상호 반사의 영향이 있으므로 전노면의 조명율 및 차도의조명율은 다음과 같다.

* 전노면의 조명율

$U_4 = A_{41} \cdot U_{10} + A_{42} \cdot U_{20} + A_{43} \cdot U_{30} + A_{44} \cdot U_{40}$

= (0.162 x 0.038) + 0.190 x(0.231 + 0.256) + (1.017 x 0.334) = 0.44

* 차도의 조명율

$$U_{4'} = U_{40'} + \frac{W}{W_0}(U_4 - U_{40}) = \left[0.298 + \frac{7.0}{7.3} \times (0.44 - 0.334)\right] \fallingdotseq 0.40$$

7) 보 수 율

설계 조도는 충분한 보수관리를 하고 사용 기간 중 항상 유지관리하지 않으면 안될 하한치이다.

그러므로 주로 램프의 광속감쇠나 기구의 더러워짐에 의한 노면조도의 저하를 최초로부터 감안 한 값이 보수율이다.

보수율은 교통량이나, 터널상황, 보수관리 계획 등을 고려하여 정해지는 것이나 본 지하차도에서는 1일 교통량이 20,000대 이상이고, 구배가 2% 이상이므로 터널길이에 따라 다음 보수율표를 인용하여 선정하였다.

보수율의 분류 (서울시 도로 기전시설물 유지관리 요령 제8장 표8.5)

터널의 상황 / 교통량[대/일]	길 이[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	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
적 용						○	

8) K 값

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

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

・사 용 램 프 : 고압나트륨램프 NH 150W (14,000 [lm]), NH 250W (25,000 [lm]),

상기의 식 2.에 의해서

$$K = \frac{W}{N \cdot U \cdot M} = \frac{7.0}{2 \times 0.40 \times 0.55} = 15.9$$

4.7 기본부 구간 조도계산

1) 야간 조명 : 기준조도 - 60 (lx)

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

단, 배열계수, 조명율, 보수율, 노면의 유효폭 등이 변함이 없을 경우 식을 변형시키면 다음과 같다.

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

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

· 사 용 램 프 : 고압나트륨램프 NH 150W(14,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$$K = \frac{W}{N \cdot U \cdot M} = \frac{7.0}{2 \times 0.40 \times 0.55} = 15.9$$

$$F = K \cdot E \cdot S = 15.9 \times 60 \times S = 954\ S$$

$$S = \frac{14{,}000}{954} = 14.67m$$

-. 휘도 분포를 감안한 등기구 설치를 피해야 할 범위

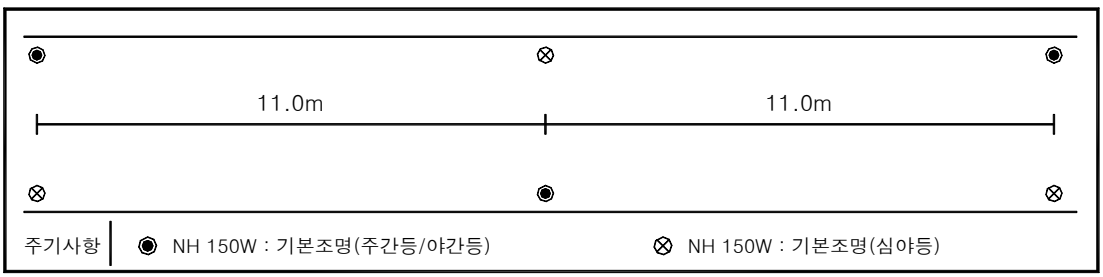
휘도 분포점에서 대칭 배열일 때

$S \leq 2.5H$ $S \leq 2.5 \times 4.5 = 11.25$

휘도 분포점에서 지그재그배열일 때

$S \leq 1.5H$ $S \leq 1.5 \times 4.5 = 6.75$

따라서 기본부 야간 조명에서는 기본부 주간조명을 고려하여 11.0m로 배열하고 기구의 배치계획은 다음과 같다.



상기의 배치계획에 의하여 조도를 계산하면

$E = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{14{,}000}{15.9 \times 11.0} = 80$(lx)이다.

2) 심야 조명 : 기준조도 - 30 (lx)

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

단, 배열계수, 조명율, 보수율, 노면의 유효폭 등이 변함이 없을 경우 식을 변형시키면 다음과 같다.

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

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

· 사 용 램 프 : 고압나트륨램프 NH 150W(14,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$K = \frac{W}{N \cdot U \cdot M} = \frac{7.0}{1 \times 0.40 \times 0.55} = 31.8$

$F = K \cdot E \cdot S = 31.8 \times 30 \times S = 954\ S$

$S = \frac{14{,}000}{954} = 14.67m$

따라서 심야 조명에서는 기본부 조명을 고려하여 11.0m간격으로 지그재그로 배열하고 상기의 배치계획에 의하여 조도를 계산하면

$E = \frac{F}{K \cdot S} = \frac{14{,}000}{31.8 \times 11.0} = 40$(lx)이다.

4.8 경계부 구간 조도계산

・기준조도 : 1,080(lx)

・기본조도 : 80(lx)

・부가조도 : 1,080 - 80 = 1,000(lx)

・사용램프 : 고압나트륨램프 NH 250W (25,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

F = K・E・S = 15.9 x 1,000 x S = 15,900 S

기본부 조명기구 취부간격 11.0m를 고려한 총광속

Ft = 15,900 x 11.0 = 174,900

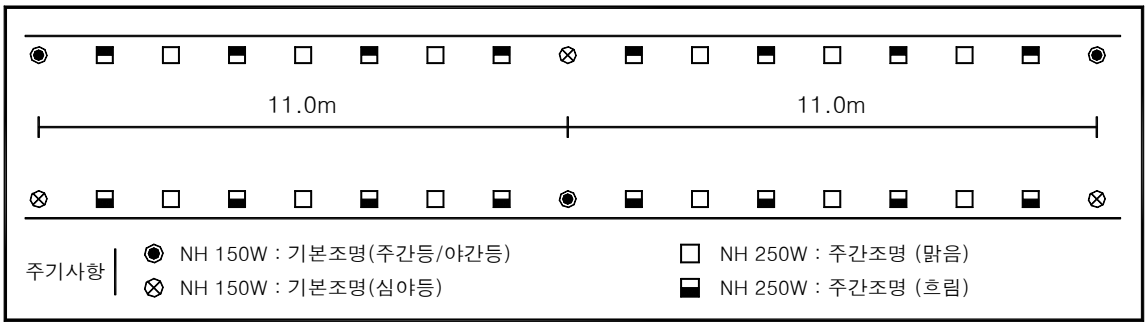
그러므로 NH 250W 사용시 조명기구의 갯수는 174,900 / 25,000 = 6.99개이며

11.0m의 취부 간격 내에서 NH 250W - 7개를 배열하였다.

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{25{,}000 \times 7}{15{,}900} = 11.00\text{m}$$

따라서 11.0m 간격 내에 배열하고 조명기구의 배치 계획은 다음과 같다.



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

*흐림시의 조도는 맑은날의 55%~70%로 선정한다.

조 도 단 계	계 산 식	계산조도 (lx)
맑 음 (Ec)	(25,000 × 7) / (15.9 × 11.0) + 80(기본부)	1,080
흐 림 (Er)	(25,000 × 4) / (15.9 × 11.0) + 80(기본부)	652

4.9 이행부 구간 조도계산

1) 이행부 1단계 구간

・기준조도 : 864(lx)

・기본조도 : 80(lx)

・부가조도 : 864 - 80 = 784(lx)

・사용램프 : 고압나트륨램프 NH 250W (25,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

F = K・E・S = 15.9 x 784 x S = 12,465 S

기본부 조명기구 취부간격 11.0m를 고려한 총광속

Ft = 12,465 x 11.0 = 137,115

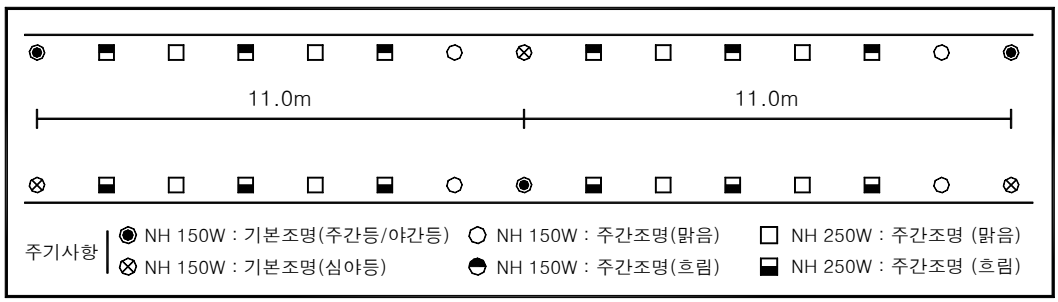
그러므로 NH 250W 사용시 조명기구의 갯수는 137,115 / 25,000 = 5.48개이며

11.0m의 취부 간격 내에서 NH250W - 5개, NH150W - 1개를 배열하였다.

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(25{,}000 \times 5) + 14{,}000}{12{,}465} = 11.15\text{m}$$

기본부 구간이 11.0m 이므로 11.0m 간격 내에 배열하고 조명기구의 배치계획은 다음과 같다.



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

*흐림시의 조도는 맑은날의 55%～70%로 선정한다.

조 도 단 계	계 산 식	계산조도 (lx)
맑 음 (Ec)	(25,000×5)+(14,000) / (15.9×11.0) + 80(기본부)	874
흐 림 (Er)	(25,000 × 3) / (15.9 × 11.0) + 80(기본부)	508

2) 이행부 2단계 구간

・기준조도 : 650(lx)

・기본조도 : 80(lx)

・부가조도 : 650 - 80 = 570(lx)

・사용램프 : 고압나트륨램프 NH 250W (25,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

$F = K \cdot E \cdot S = 15.9 \times 570 \times S = 9{,}063\ S$

기본부 조명기구 취부간격 11.0m를 고려한 총광속

$Ft = 9{,}063 \times 11.0 = 99{,}693$

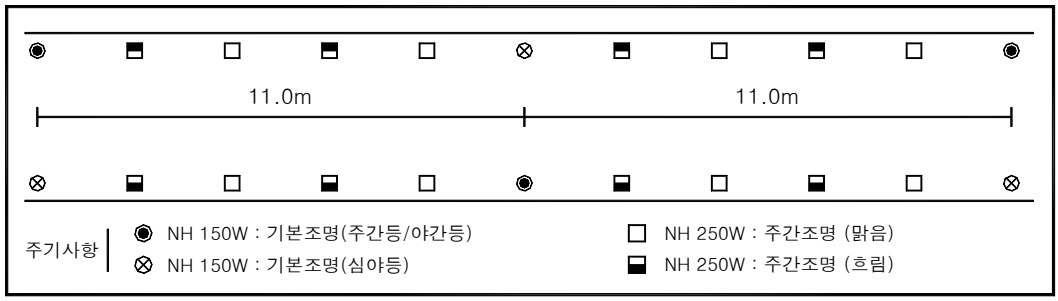
그러므로 NH 250W 사용시 조명기구의 갯수는 99,693 / 25,000 = 3.98개이며

11.0m의 취부 간격 내에서 NH250W - 4개를 배열하였다.

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{25{,}000 \times 4}{9{,}063} = 11.03\text{m}$$

기본부구간이 11.0m 이므로 11.0m 간격 내에 배열하고 조명기구의 배치계획은 다음과 같다.



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

*흐림시의 조도는 맑은날의 55%~70%로 선정한다.

조 도 단 계	계 산 식	계산조도 (lx)
맑 음 (Ec)	(25,000 × 4) / (15.9 × 11.0) + 80(기본부)	652
흐 림 (Er)	(25,000 × 2) / (15.9 × 11.0) + 80(기본부)	367

4.10 출구부 구간 조도계산

・기준조도 : 400(lx)

・기본조도 : 80(lx)

・부가조도 : 400 - 80 = 320(lx)

・사용램프 : 고압나트륨램프 NH 250W (25,000 lm)

상기의 식 2.에 의해서

F = K・E・S = 15.9 x 320 x S = 5,088 S

기본부 조명기구 취부간격 11.0m를 고려한 총광속

Ft = 5,088 x 11.0 = 55,968

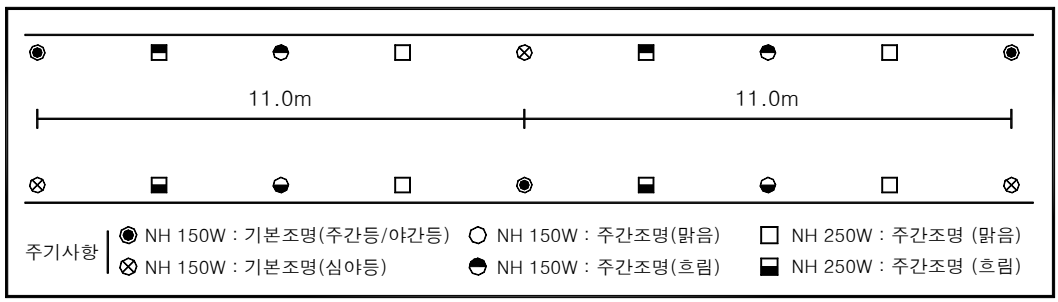
그러므로 NH 250W 사용시 조명기구의 갯수는 55,968 / 25,000 = 2.23개이며

11.0m의 취부 간격 내에서 NH250W - 2개, NH150W - 1개를 배열하였다.

이때 조명기구의 취부간격 S는

$$S = \frac{(25{,}000 \times 2) + (14{,}000)}{5{,}088} = 12.57\text{m}$$

기본부구간이 11.0m 이므로 11.0m 간격 내에 배열하고 조명기구의 배치계획은 다음과 같다



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

*흐림시의 조도는 맑은날의 55%~70%로 선정한다.

조 도 단 계	계 산 식	계산조도 (lx)
맑 음 (Ec)	(25,000×2)+(14,000) / (15.9×11.0) + 80(기본부)	446
흐 림 (Er)	(25,000+14,000) / (15.9×11.0) + 80(기본부)	302

제9장 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.

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

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

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

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.

1ø 2W $$e = \frac{30.6 \times L \times I}{1000 \times A}$$ ·····(1)

3ø 3W $$e = \frac{30.8 \times L \times I}{1000 \times A}$$ ·····(2)

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

e = 각 선간의 전압 강하(V) L = 전선1본의 길이(m)

e' = 중성선과 선간의 전압 강하(V) I = 부하전류(A)

A = 전선의 단면적(㎟)

3 허용전류

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

구 분	도체		허용전류(A)
	공칭단면적(㎟)	소선수/지름(본/mm)	도체가 동인것
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
	-	4.0	81
	-	5.0	107
연선	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
	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)

도체			동일관, 몰드 또는 덕트속에 넣은 전선수			
단 선	공칭단면적	소선수/지름	3이하	4	5 ~ 6	7 ~ 15
연선별	(㎟)	(본/㎜)	허 용 전 류			
	-	1.2	(13)	(12)	(10)	(9)
단	-	1.6	19	17	15	13
	-	2.0	24	22	19	17
선	-	2.6	33	30	27	23
	-	3.2	43	38	34	30
	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
연	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
선	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 2종 비닐절연전선은 제외한다) RB전선(절연물의 천연고무 혼합물에 한한다)	60	1.00
600V 2종 비닐절연전선(HIV) 600폴리에틸렌 절연전선(절연물이 가교폴리에틸렌 혼합물인 것은 제외한다) (EV) 스틸렌부타디엔 고무전선	75	1.22
에틸렌푸로필렌 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 배관의 굵기 선정

가) 강제 전선관 굵기 선정(내선규정 표 4-9)

전 선 굵 기		전 선 본 수									
단 선 (㎜)	연 선 (㎟)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		전선관의 최소 굵기(㎜)									
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 (㎜)	연 선 (㎟)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		합성 수지관의 굵기 (㎜)									
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(㎜)	32%(㎟)	48%(㎟)	관굵기(㎜)	32%(㎟)	48%(㎟)
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(㎜)	32%(㎟)	48%(㎟)	관굵기(㎜)	32%(㎟)	48%(㎟)
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(㎜)	32%(㎟)	48%(㎟)	관굵기(㎜)	32%(㎟)	48%(㎟)
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(㎟)	전선관에 넣을 경우 보정계수 (내선규정 4-14, 4-22)를 감안한 단면적(㎟)
단선(㎜)	연선(㎟)		
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 피복물 포함임.

마) 케이블의 단면적

(1) CV 600V단심

공칭 단면적(㎟)	완성품 바깥지름 약(㎜)	단면적(㎟)
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(㎟)	완성품 바깥지름 약(㎜)	단면적(㎟)
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(㎟)	완성품 바깥지름 약(㎜)	단면적(㎟)
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 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.

6 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(㎟)　　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 계 산 식

먼저 계산식에 상기의 조건을 넣으면 다음과 같이 된다.

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

7 풀박스 선정기준

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

나) 풀박스의 크기 결정

※ 전선을 수용하는 풀박스치수의 산정표 (단위:mm)

		폭 (A)	길이(B)	높 이(H)
직선배선의경우	앵글보강이 없는 경우 앵글보강이 있는 경우	A_1 =∑(P+30)+(30x2) A_2 =∑(P+30)+(30x2)+2W	Pm의 6~8배	표4에 의함.
직각배관의경우	앵글보강이 없는 경우 앵글보강이 있는 경우	A_1 또는 B_1 =∑(P+30)+30+5Pm A_2 또는 B_2 =∑(P+30)+30+5Pm+2W		표4에 의함.

주) P:전선관의 호칭, Pm:최대전선관의 호칭, W:보강앵글의 폭

※ 케이블을 수용하는 풀박스치수의 산정표 (단위:mm)

		폭 (A)	길이(B)	높 이(H)
직선배선의경우	앵글보강이 없는 경우 앵글보강이 있는 경우	A_1 =∑(P+30)+(30x2) A_2 =∑(P+30)+(30x2)+2W	Pm의 16배	표4에 의함.
직각배관의경우	앵글보강이 없는 경우 앵글보강이 있는 경우	A_1 또는 B_1 =∑(P+30)+30+12Pm A_2 또는 B_2 =∑(P+30)+30+12Pm+2W		표4에 의함.

※ 풀박스의 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