

地下建設工事의 作業環境 改善에 관한 研究
— 換氣와 照明을 中心으로 —

A Study on the improvement of working condition
in the downtown Underground construction
— Focused on the Ventilation and Lighting —

고 성 석*·안 홍 섭**

Seong-Seok Go · Hong-Seob Ahn

(1996년 9월 19일 접수, 1997년 6월 10일 채택)

ABSTRACT

According to the construction environmental changes due to the trend of large scale and complicated building construction, many construction methods(such as :TOPDOWN)are more often used. However, it is pointed out that occupational pulmonary diseases, reduction of the machinery lifetime and productivity caused to be narrow visual field and collision between the workers. Therefore, this study is mainly dealing with the views of productivity and safety improvement in order to improve work efficiency and to insure the safety in underground construction environment.

1. 서 론

1.1 연구 배경과 목적

최근 건물의 대형화와 복합화경향과 노후건물의 빈번한 재개발로 인한 도심지 공사는 주차시설의 확충에 따른 지하주차장 확보등 지하공간 이용도 증가로 인해 흡파기 면적이 증가하고 있을 뿐 아니라 심도가 점점 깊어지고 있다. 따라서 합리적인

지하공사를 위한 적정공법의 필요성이 대두되고 있다. 왜냐하면 지하공사중 토질의 불확실성에 의한 예측불허의 붕괴사고가 빈번한 발생이 도심지 밀집지역 특성상 곧바로 대형사고로 연계되고, 또한 GR(Green Round)의 국제적 등장과 함께 국내적 환경문제 대두로 인해 시민들은 환경의 중요성을 인식하였고 이에 따라 정부도 건설공사 전반에 환경조건을 엄중히 규제하고 있기 때문이다.

따라서 건설업체는 행정규제, 민원발생 등의 공

*부경대 안전공학과

**군산대 건축공학과

사 외적 문제와 전천후 시공으로 인한 공기단축, 굴착심도에 따른 공사의 안전성 확보, 시공의 복잡화 및 시공난이도의 증가 등의 공사 내적 문제를 해결하기 위해 새로운 구체공사공법(예 : TOP DOWN 등)을 도입하기 시작하였다. 하지만 이와 같은 공법 적용시 지하공사 특성상 공사 수행시 작업안전성 측면에서 작업인원의 위해물질 흡입으로 인한 질병발생 및 장비의 수명저하 가능성, 작업생산성 측면에서 작업시계 축소로 인한 생산성저하 및 충돌사고 증가 등의 문제점이 있다. 또한 지하공사는 항상 어두운 작업공간이므로 적정 조명설계가 선결조건이나 이에 대한 합리적 대책없이 공사를 수행함으로써 작업생산성의 저하, 안전사고 발생 소지 등의 문제점이 있으나 이에 대한 연구가 이루어지고 않고 있어, 공법적용시 충분한 사전조치없이 시행되고 있다. 현재 도심지 공사중 적용되고 있는 공법에서의 지하작업 환경은 공사의 생산성과 작업자의 안전성에 직접적으로 관련되어 있다고 생각된다. 그러므로 공법의 합리적인 적용을 위해서는 밀폐된 작업공간에서 중요하다고 판단되는 환기 및 조명계획이 합리적으로 수립되어야 한다. 즉, 건설환경변화에 따라 적용되고 있는 공법의 지하공사의 문제점을 예방할 수 있는 적정관 방안 등에 관한 연구가 필요하다고 사료된다.

이와같은 관점에서 본 연구에서는 지하공사의 작업환경을 환기와 조명으로 나누어 분석하고 작업안전성, 작업생산성 관점에서 지하공사의 작업환경개선방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 지하공사에 대한 특성과 작업환경에 대해 고찰을 통해, 지하공사 작업환경의 영향인자를 환기, 조명의 두요소로 나누고 환기의 경우 발생분진의 발생량과 미분의 성분을 중심으로 작업안전성, 생산성 측면에서 환기계획방법을 도출하였고, 조명은 조도설계를 중심으로 작업안정성 측면에서 조도계획방법을 도출하였다. 이에 대해 공법적용에 따른 사례연구를 통한 비교, 분석에 의해 환기 및 조명 측면에서 지하공사의 합리적적용을 위한 적정관리방안을 제시하고자 한다.

2. 지하공사에 관한 예비적 고찰

2.1 지하공사의 작업환경

환경에 대한 정의는 “공기, 물, 토양 등으로 구성된 자연상태인 자연환경과 인간의 생활속에 밀접한 관계가 있는 재산의 보호 및 동, 식물의 생육에 필요한 생활환경을 통칭”¹⁾한다고 할 수 있다. 그러나 최근의 인간 중심적 환경론에서 보면 환경은 인간을 둘러싸고 있는 주변의 모든 것이라고 표현할 수 있다.

지하공간은 생활공간 영역의 확장이라는 사회적 요청과 각종 굴삭공법의 개발에 의한 지하시공기술의 진보에 따라 그 활용도가 높아지고 있다. 그러나 유해가스, 산소결핍공기가 발생하는 지층의 굴삭방법의 채용과 밀폐공간에서의 작업에 의해 작업자의 건강장애, 가연성가스의 발생에 의한 폭발과 화재, 시계의 미확보 등으로 작업능률 등의 문제가 발생한다.

실내공기질(Indoor Air Quality : IAQ)에 대한 문제의 발생배경은 공사진행시 채택된 공법의 특성에 의한 건물의 밀폐화로 인하여 공기의 질이 악화되는 것이다. 각국의 실내오염물질에 대한 기준치는 실내시설물의 특성과 담당 행정기관에 따라 다르게 정해져 있으며 우리나라는 분진(TSP), 중금속, 이산화질소, 일산화탄소, 이산화탄소, 포름알데히드, 석면, 라돈, 유기용제에 대하여 환경처 지하공간 권고치가 있으며, 보사부의 공중위생법²⁾에 의하면 이산화탄소, 일산화탄소의 기준치가 설정되어 있고, 노동부의 산업안전보건법³⁾에는 각 오염물질의 허용농도가 정해져 있다. Table 1은 실내환경 기준치를 나타내는 것으로 다양하고 복잡한 실내공간을 위한 전반적인 실내환경 규제치를 제시하기에는 미흡한 실정으로 좀더 합리적인 기준치 또는 권고치의 설정이 요청된다.

조명의 목적은 빛을 인간생활에 도움을 주는 데 있다. 넓은 뜻으로 빛에는 가시광선만이 아니고 적외선, 자외선도 포함되고, 또 빛의 영역에는 인공광원 외에 태양 등의 자연광선도 포함되어 있다. 본 연구에서는 인공자원에 의한 가시광선을 이용해서, 생활환경의 장을 쾌적한 것으로 하고, 물체의 관찰을 좋게하여 능률의 향상, 안전성의 확보 등을 목적으로 한 조명에 대해 분석하고자 한다. 조명의 목적은 사용공간의 목적과 사용개소의 특성에 맞게 일치하여야 하는데 이를 계획할 때에는 조도, 밝기, 눈부심, 경제성 등의 조건이 충분

히 만족할 수 있어야 한다.

Table 1 Indoor Standards & Advice Values of Polluted materials in Korea

polluted material	unit	Min of Enviroment advice value	Dept of Health	Dept of Labor
Dust	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	300/day	150	
Pb	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	3/day	-	50/8hr
Cu	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	10/day	-	1000/8hr
Heavy Metal	Hg	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2/day	-
	Cd	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2/day	-
	Cr	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.5/day	-
	As	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.5/day	-
NO ₂	ppm	0.15/hr	-	3/8hr
CO	ppm	20/8hr	10	50/8hr
CO ₂	ppm	-	1000	-
Rn	pCi/l	4	-	-
Formaldehyde	ppm	0.1/day	-	1/8hr
Asbestos	ea/cc	0.01	-	0.5/8hr
	Toluene	ppm	-	100/8hr
Organic Solution	Xylene	ppm	-	100/8hr
	Acetone	ppm	-	750/8hr
	Benzene	ppm	-	10/8hr

2.2 지하 작업의 유해인자

건설에 있어 공해문제의 중심은 건강에 대한 것으로 매우 높다. 건설공사현장에서 작업환경, 건강장애의 방지대책은 중요한 과제이다.

최근의 기술혁신의 진전은 신공법의 채용, 시공분야의 확대는 작업원의 복잡한 신체적, 정신적 영향을 끼치므로 이제는 새로운 건강장애를 끼치는 것에 충분한 주의가 필요하다. 작업환경은 분진, 유해가스, 온도, 습도, 소음, 진동등 건강에 유해한 다수의 인자가 존재하는 것이다. 작업환경에 있어 이러한 유해인자에 대한 억제와 조치없는 작업의 계속은 건강장애를 일으킬 수 있다. 이러한 유해인자는 화학환경, 물리환경과 작업조건등으로 분류할 수 있다. 이러한 유해인자에서 분진, 가스, 조명등은 지하공사에 있어 작업원의 건강 및 안전확보와 작업능률의 향상에 관계되는 중요한 인자이다. Table 2에서 보는바와 같이 작업환경인자에 따른 건강장애를 막고 작업자의 안전과 건강을 확보하기 위한 쾌적한 작업환경을 목적으로 필요조치가 요구된다.

3. 지하공사 환기 관리방안

3.1 지하공사 발생분진의 특성

분진의 정의는 분진 방지규칙에 의해 기계적처리시 발생하는 고체의 입자상 물질로 다음 Table 3과 같이 정의할 수 있다.

지하공사 작업시 발생하는 분진의 종류는 발파 및 기계굴삭공법에서 암반의 파쇄시, 운반작업의 적재등에 따라 그 양과 특성도 매우 다르다고 할 수 있다. 지하공사에서의 분진은 지하작업에 따라 수반되는 미립자와 밀폐공간의 특성으로 인한 환기, 배기의 문제로 발생하는 미립자로 분류할 수 있다. 또한 굴착작업 등 사용기기의 사용에 따른 매연도 포함할 수 있다. 이와같은 분진과 매연의 지하공간의 밀폐화에 따라 작업장 실내공기환경을 오염하여 문제점을 발생시키는 것이다.

공기중에 부유하는 분진의 입경은 종류에 따라 그 크기가 다른 넓은 분포를 갖고 있으나 대체로 0.01~10 μm ⁷⁾이다. 이와같은 지하 공간의 실내공기질에 대해 시공방법이 진행될 경우, 발생하는 유해물질의 종류에 따른 허용농도는 Table 4와 같다. Table 4는 1일 작업을 8시간을 기준으로 하여 분진과 구성성분을 각요소로 나누어 그양을 제한하는 것이다. 지하작업시 발생하는 성분을 재료적 요소와 시공적 요소 모두를 고려하여 나누고, 이를 일반작업과 건설관련작업으로 분류하여 비교하면 Table 5와 같다.

3.2 지하공사시 환기계획

실내공기질의 측정은 시료포집과 분석방법의 선정이 중요하다. 즉, 시료포집과 분석시 표준방법의 이용, 적절한 표집기구의 이용, 분석비용, 측정에 요구되는 시간과 감도, 시료포집시와 분석시의 방해 물질 영향등을 고려해야 한다. 실험시에는 항상 표준적인 방법을 사용해야 하며 측정 가능한 최소농도를 통해 사용하는 분석방법에 대한 비교평가를 해야한다. 여기서 최소농도는 시료를 포집하는 속도와 주어진 시간동안 수집할 수 있는 질량에 비례하며 최소질량은 분석방법에서 요구되는 감도로 결정된다.

3.2.1 소요환기량의 계산

필요환기량의 산출은 일반적으로 실내에서는 일

Table 2 Factor of Work environment & health injury^{4,5)}

	environmental condition	hazard factor	symptoms	objected work
chemical environment	air pollution particle	mineral dust chemical materials	pneumoconiosis industrial intoxication	mining, ceramics relative industry
	material gas	hazardous gases		
	lack of oxygen		anoxia	work in tank & manholes
	contact		skin dyscrasia	painting
physical environment	abnormal of temperature & humidity		heat stroke frostbite	
	abnormal of pressure		submarine sickness	submarine work
	sound wave	audible area ultrasonic area	loss of audible vomit	handling ultrasonic instrument
	vibration	local vibration systemic vibration	stomach pain	vibrator tractor driving
	electronic wave or radiation	micro wave infrared rays visual area ultraviolet rays X-rays γ-rays β-rays α-rays	cataract, increase temperature cataract, retina injury, loss of eyesight keratitis X-ray obstacle rad damage rad damage rad damage	radar dry-painting communication, metal manufacturing
work condition	work form	work change at night irregular work static, simple work monitoring work	mental, physical fatigue emotional liability, illness	
	work condition	work posture work intensity work time etc	lumbago etc	

Table 3 Definition of Dust⁶⁾

Definition by Engineering	Definition by the law of air pollution prevention	Definition of environmental standard
-Dust : material which is compound with a corpuscle when solid is destroyed by mechanical power -Fume : solid corpuscle which is caused by metal gas solidify in air -Smoke : gas which is caused by ignition -Aerosol : all kinds of particulate material in air	-Smoke & Soot : hazardous material which is caused by ignition of materials, compounds, decomposition and disposal -Dust : material which is caused or flown away by breaking matter, selecting and mechanical disposal	-Suspended Particulate Matter : suspended particulate material in air which is less than 10 μm

Table 4 Allowable concentration of hazardous materials²⁴⁾

material	allowable concentration(8hrs per day)
Dust	10mg/m ³
SO ₂	2ppm
NO ₂	3ppm
CO	50ppm
CO ₂	5,000ppm

정량의 오염물질을 배출하고 있으며, 실내에 유입되는 공기중에는 오염물질도 있고, 외부로 배기되는 공기중에는 오염물질이 포함된다고 할 때, 실내공간에서 오염물질을 유출입하는 물질수지는 다음 식으로 표시된다.

$$V_o C_{odt} + M \frac{dC}{dt} - V_i C_{idt} = R \text{ dci} \dots\dots\dots (1)$$

Table 5 Enviromental Standards Comparson of life & work⁹⁾

pollution material	Life enviroment ¹⁾		work enviroment ²⁾	
	standard value	note	standard value	note
	10ppm	Law of Archi-Standard and Bldg Health Management	10ppm	Japan office health standard(law of labor Safety & health)
	20ppm	Japan school health standard	10ppm	Law of U. S. A Archi tecture(Dept of Labor)
	9ppm	WHO indoor air quality standard 8hr average		Law of Public health
	35ppm	WHO indoor air quality standard 1hr average	50ppm	Japan Industrial health Association allowable concentration
Sulfur Dioxide	0.04ppm	Japan air enviroment standard 1hr average	5.0ppm	Japan business health association allowable concentration
	0.12ppm	WHO Europe standard 1hr ave	2.0ppm	Dept of Labor in Korea(8hr)
CO ₂	1000ppm	Japan law of Archi-Standard & ASHRAE Bldgh-ealth management	1000ppm	Japan Official health standard rule
	920ppm	WHO indoor air quality 8hr ave	5000ppm	Japan Industrial health Association allowable concentration
O ₃	0.06ppm	Japan air Standard	0.10ppm	Japan Industrial health Association allowable concentration
	0.07~0.09	WHO(1hr)		
	0.05~0.06	WHO(8hr)		
floating dust	0.15mg/m ³	Japan Bldg health manage ment law,	0.15mg/m ³	Japan Official health standard
	0.75mg/m ³	Archistandard law U. S. A EPA(year ave)	2~10mg/m ³	Jpn Industrial health Association
NO ₂	0.21ppm	WHO Europe standard, (1hr ave)	5ppm	Industrial health allowable concentration(Japan Industrial health Association)
	0.08ppm	WHO 24hr ave		Dept of Labor in Korea(8hr)
	0.05ppm	U. S. A standard year average	3ppm	
Form-Al dehyde	0.1ppm	U. S. A air standard	2ppm	Industrial health allowable concentration(Japan Industrial health Association)
	4ppm	Japan food health law		Dept of Labor in Korea
	75ppm	Japan article law	1ppm	
Rn	100Bq/m ³	WHO newly build	1000Bq/m ³	Japan Science & Tech-nology Notice
	70Bq/m ³	Sweden standard		U. S. A mine health
	148(4pCi/l)	Newly build U. S. A EPA	3700Bq/m ³ 10pCi/l	Korea Science & Tech-nology
Asbestos	0.01(f/cc)	ASHAE, Japan air	2	Japan Industrial health Assoc
			0.2	Japan OSHA
			0.5	England standard
			0.5	Dept of Labor in Korea(8hr)

Vi : 실외로 유출되는 공기량(m³/hr)

Vo : 실내로 유입되는 공기량(m³/hr)

Ci : 실내오염농도(μg/m³)

Co : 실외오염농도(μg/m³)

M : 오염물질배출량(m³/hr)

R : 실용적(m³)

실내에서 유입되는 공기량은 유출되는 공기량과 같으므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\{ M - V(C_i - C_o) \} dt = R dC_i \dots\dots\dots (2)$$

이를 시간과 농도의 변화에 따라 적분하면 식 (3)을 얻을 수 있다.

$$\int \frac{dt}{R} = \int \frac{dC_i}{M - V(C_i - C_o)} - Vt \Big|_0^t$$

$$= \ln | M - V(C_i - C_o) | \Big|_{C_o}^{C_i} - Vt$$

$$= | M - V(C_i - C_o) | \exp(-Vt/R) \dots\dots\dots (3)$$

여기에서 초기농도 C_0 를 외기농도와 같다고 가정하면 식(4)가 된다.

$$M - V(C_i - C_0) = M \exp(-Vt/R)$$

$$V = \frac{M \{1 - \exp(-Vt/R)\}}{C_i - C_0} \dots\dots\dots (4)$$

또한 실내농도를 일정하게 유지해야 한다고 가정을 하면 식(5)를 얻을 수 있다.

$$M - V(C_i - C_0) = 0$$

$$V = \frac{M}{C_i - C_0} \dots\dots\dots (5)$$

식(5)는 일정농도를 유지해야 할 경우에 사용하게 된다.

3.2.2 환기 및 안전대책

실내공기 오염에 대한 제어방안으로 크게 실내공기오염의 발생원을 제거 또는 대체, 개선, 환기, 공기청정기 등에 의한 공기청정, 행동양식의 적응 등이 제안되고 있다. 이중 환기는 실내공기오염의 제어방법 중 가장 중요한 사항으로 미국에서는 건물내 환기시설이 총 에너지 소비의 50~60%를 차지하는 것으로 나타나 미국 국립 표준 연구소, 미국 재료검사학회, 미국 냉난방 공조학회, 미국 기계공학회 등에서 설정한 표준에 의거하여 각 건물의 특성별 환기시설의 환기기준을 정해놓고 있는 실정이다. 그러나 대부분의 자료는 실내 거주자의 환기에 대한 기준이 정립되어 있을 뿐, 건설공사 시공중 작업환경에서의 환기에 대해서는 관련 자료가 거의 정립되어 있지 않다. 그러므로 작업중에 발생하는 오염물질에 대해서 다음과 같은 4가지 방법으로 개선이 진행되어야 한다.

(1) 오염원제거 및 개선

환기되는 공기와 실내공기가 순간적으로 혼합된다고 가정하면 실내공기 오염물질의 농도는 다음과 같은 식으로 계산된다.

$$V \frac{dC}{dt} = G + Q_s C_s - Q_e C - Q_r E_r C \dots\dots\dots (6)$$

C : 오염물질 농도

$V \frac{dC}{dt}$: 시간에 따른 공간내에서의 오염물질 양의 변화(g/s)

G : 오염물질의 일반적인 발생량(g/s)

$Q_s C_s$: 유입되는 공기가 공간에서 발생시키는 오염물질의 양(g/s)

Q_e : 유입량(시간당 부피)

C_s : 유입농도(단위부피당 질량)

$Q_e C$: 배출공기로 인해 공간내에서 제거되는 오염물질의 양(g/s)

Q_e : 배출량(시간당 부피)

C : 농도(단위부피당 질량)

$Q_r E_r C$: 여과로 인해 공간에서 제거되는 오염물질량(g/s)

Q_r : 필터의 제거효율

E_r : 오염물질이 제거되는 필터, 장비, 수송관을 지나는 공기부피

평형상태 조건($V \frac{dc}{dt} = 0$)에서 G , Q_s , Q_e , E_r , C_s 가 상수라 가정하면 오염물질 농도(C)는 다음과 같이 치환된다.

$$C = \frac{G + Q_s C_s}{Q_e + Q_r E_r} = \frac{A}{B} \dots\dots\dots (7)$$

A : 내부발생 및 외부유입으로 생성되는 공기오염물질의 총량, $G + Q_s C_s$

B : 배출 및 여과를 통해 제거되는 공기 오염물질의 총량, $Q_e + Q_r E_r$

식 (2)에서 보는 바와 같이 실내공기 오염물질의 농도를 조절하는 네가지의 중요척도는 오염원 강도, 공기유입, 공기배출, 공간상의 제거이다. 그러므로 다음의 네가지 접근법은 실내공기 오염물질의 농도를 감소시키는 데 필요하다. 그러나 이 방법이 항상 실행 가능한 것은 아니다.

- ① 오염원 제거 및 대책(오염물질 발생량 G 를 감소)
- ② 회석환기(깨끗한 공기로 오염된 공기를 희석시킴, $Q_s C_s$ 를 감소)
- ③ 국소배기(오염된 공기배출, $Q_e C$ 를 증가)
- ④ 공기청정($Q_r E_r C$ 를 증가, 즉, 청정기술을 이용한 공간내 공기 중 오염물질 제거)

(2) 오염원 변형

(3) 환기

- ① 회석환기, ② 국소배기,

(4) 공기청정

3.3 지하공사의 환기대책 적용사례

지하공사시 환기상태를 파악하여 시공작업시의 관리에 활용할 목적으로 지하작업 현장에 사례를 분석하고자 한다. 본 지하공사는 지하환기 가설덕트공사로서 현장에서 토공굴착 장비의 매연, 분진으로 인하여 지하층의 밀폐된 공간에서 오염물이

실 전체에 확산한 것으로 생각해 이 오염되어진 공기를 배기시키고 동일한 양의 외기를 공급하여 실내오염물의 농도를 허용치 이하로 하여 작업자의 건강과 작업환경을 개선할 목적으로 외기의 자연풍에 의해서 발생하는 압력과 건물내외의 온도차에 의해서 발생하는 부력을 이용하는 자연환기 방식과 송풍기 등의 기계력을 이용해서 실내공기를 치환시키는 기계환기방식을 병용해서 실시할 수 있도록 하였다. 또한 굴착장비에서 배출되는 유해가스량에 따른 환기량계산은 지하공간의 개, 폐에 따라 기압, 기류 등의 변화치가 커서 정량적으로 계수화시키기는 무리가 따르나 환기기준치 이하로 유지하기 위해 사례현장의 부하조건에 따라 용량산정을 하였으며, 송풍기를 지하 1층에 설치하여 Duct는 2개층을 1개 구역으로 구성하여 내려가면서 재사용할 수 있도록 하였다.

3.3.1 환기 적용사례

(1) 사례현장의 특성

지하공사 환기대책에 관한 사례는 K사에서 시공중인 건물로서 다음과 같은 특성을 갖는 지하공사에 적용하였다.

- 1) 규모 및 공사종류 : 지상(30층, 옥탑2층), 지하(6층) 업무시설 및 근린생활 시설용 건물
- 2) 대지면적 : 7,548.7M² (2,281.66평)
- 3) 건축물 면적
 - ① 건축면적 : 1,877.57M² (567.96평)
 - ② 연 면 적 : 83,451.22M² (25,243.99평)
 - ③ 층별 바닥면적 및 층고 : 지하층 6개층과 지상층 30개층(옥탑 2개층)에 대한 층별바닥면적 및 층고는 Table 6과 같다.
- 4) 구조개요
 - ① 기초 : 독립기초, 바벳트파일 기초
 - ② 골조 : 철골철근콘크리트조
 - ③ SLAB : DECK PLATE+WIRE MESH+콘크리트
 - ④ 보 : 철골, 철골+철근콘크리트
 - ⑤ 기둥 : 철골, 철골+철근콘크리트

(2) 측정방법 및 조건

노동부 고시 제93-12호(1993.5.14) 규정에 의한 분진측정방법으로 각층별 측정위치의 높이 1.2~1.3m 높이에 개인공기 시료포집기(Model Flow Lite)를 설치하고 37mm Glass Fiber Filter를 담은 37mm Three Place Cassette를 연결하여 유량 1.8

Table 6 Floor area of each story & the height

classification story	Required Area (m ²)	Story Height (M)	
Basement 6th	5,167.17	Base 6th	6.0
Basement 5th~2nd	6,313.93×4층 =25,255.72	Base 5th	4.7
		Base 4~2nd	3.5
Basement 1st	6,246.73	Base 1st	5.0
Basement Total	36,669.92		
1st Floor	1,631.08	1st	6.4
2nd	1,170.95	2nd	4.48
3rd	1,522.13	3rd	4.48
4th	1,564.00	4th	4.16
5th~30th	1,564.0×26층 =40,664.0	5th~29th	3.84
		30th	4.48
Rooftop 1st	229.44	Rooftop 1st	4.8
Rooftop 2nd	0	Rooftop 2nd	3.6
Ground floor Total	46,781.6		
Total	83,451.22		

~2.3Lpm으로 120~180분 개인공기 시료포집기의 유량보정은 Soap Bubble Meter를 사용하고 측정 전, 후의 유량을 체크하고 평균유량을 산출하여 사용함으로써 유량변동에 의한 측정값의 오차발생을 최소화하였다. 분진포집에 사용된 Glass Fiber Filter는 측정 전, 후 각각 24시간씩 건조기에 넣어 건조, 보관한 뒤에 전자천평으로 평량하는 중량분석방법으로 공기중 분진도를 구하였다.

시료포집은 개인시료포집기를 10ml 담은 용기를 연결하여 펌프의 유량 0.8~1.5Lpm으로 80~120분 동안 포집하였다. 포집한 시료는 실험실에서 전처리를 거친 뒤 Spectrophotometer(Varian Model Cary3 : Australia)를 사용하여 파장 548mm에서 흡광강도를 분석하여 SO₂ 농도를 구하였다.

기류는 지하 3,4층에 설치된 환기시설의 성능을 미풍속계(I-Denshi Model V-01-AN2, Japan)로 급기시설과 배기시설의 거리별 기류속도를 측정하여 환기시설의 성능을 검토하였다. 이러한 측정방법에 따른 적용 사례현장 지하공간의 환기부하조건은 다음과 같으며, 환기방식 적용대상층의 평면도는 Fig. 1과 같다.

- ① 지하 1개층 면적 6,238M²
- ② 지하 1개층 높이 5M
- ③ 체적(V) 6,238M²×5M=31,190M³
- ④ 풍량(Q) 31,190M³×7회/HR=218,330CMH
- ⑤ FAN 사양(SIROCO TYPE)
 - 15HP 420 CMM-35 MMAq 8대

· 20HP 470 CMM-40 MMAq 1대

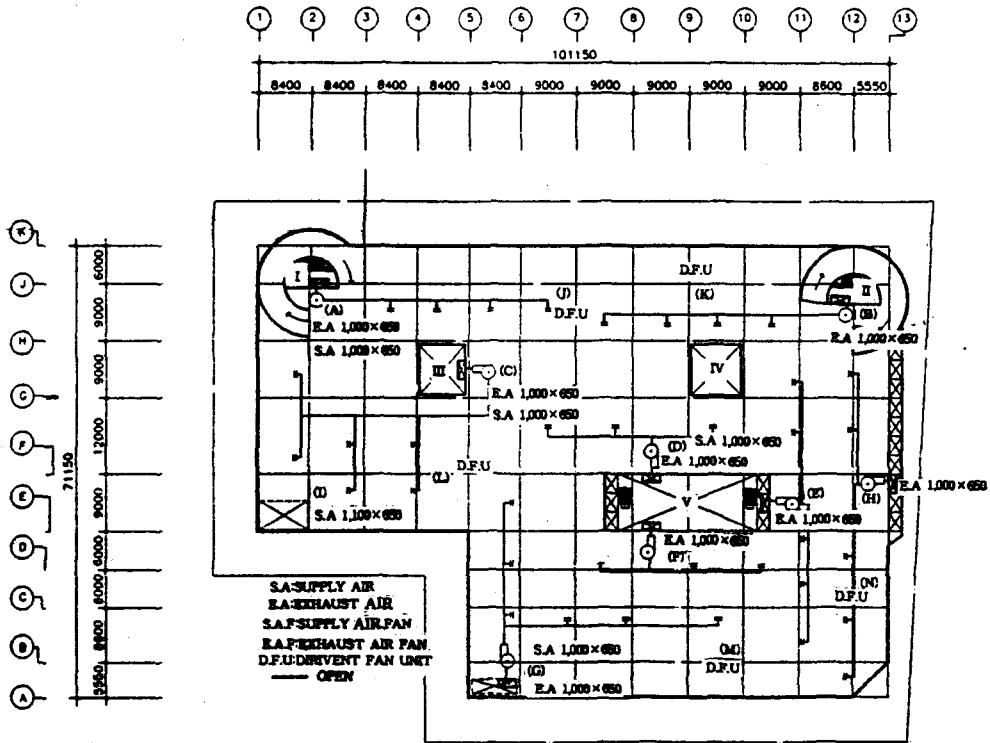


Fig. 1 Story Plan Diagram for Air Ventilation Type Application

(3) 換氣方式

1) 자연급기 강제배기 방식의 제3종 환기방식 적용

지하 1층은 개구부(OPEN)가 많아 외기와 직접 접하므로 생각하였으며, 지하 2층에 급기는 개구부로, 배기는 송풍기(FAN)로 하는 방식으로, Fig. 2에서와 같이 I·II·III·IV·V구역의 개구부(OPEN)에서 자연 외기를 도입시키고 A·B·C·D·E·F·H 번의 배풍기 DUCT를 이용하여 강제 배기 시키며, 개구부(OPEN)가 없는 G번 구역은 송풍기를 설치하여 신선한 외기를 급기시키는 방식으로 시공하였다. Table 7은 사용된 송풍기의 제원 및 특성을 나타낸 것이다.

2) 송풍기 및 배풍기를 이용한 제1종 기계환기방식 적용

지하 2층에 시공한 제3종 환기 방식을 보완하여 지하 3층에는 급기·배기를 모두 송풍기를 이용한 강제 급·배기로 하는 방식으로, Fig. 2의 A·C·

D·I·G 번의 배풍기를 송풍기로 바꿔 1-(K~A) 구간에서 강제로 송풍 DUCT를 이용하여 송풍기류의 방향을 II번 램프 개구부와 B·H·E·F번의 배풍기 DUCT를 통해 강제로 배기시키는 SYSTEM으로 시공하였다.

Table 7 Sources & Properties of Air Blower

Blower NO	Blower TYPE	Use	Wind Flow (CMM)	Static Pressure (MMAq)	Power (HP)
A	siroco fan	exhaust	420	35	15
B	"	"	420	35	15
C	"	"	420	35	15
D	"	"	420	35	15
E	"	"	420	35	15
F	"	"	420	35	15
G	"	supply	420	35	15
H	"	exhaust	420	35	15

3) 제1종 기계환기방식+DIRIVENT FAN UNIT SYSTEM 적용

3차의 방법은 송풍기 및 배풍기를 이용한 제1종 환기방식을 보완하기 위하여 층간 개구부 I·II·III·IV구역을 비닐포장재로 완전밀폐하여 지하층의 공기온도와 외부의 공기온도차에서 생기는 부력을 이용하여 연돌효과를 유도하였으며, 외기의 기류 및 기압의 영향을 적게 받을 수 있으므로 기류형성이 쉬운 점을 이용하여 지하 최저층도 적용할 수 있는 DRIVENT FAN SYSTEM을 적용시키기 위해 계획하였다. DIRIVENT SYSTEM을 지하 4층~지하5층 구간에 적용시켜 DUCT에서 신선한 외기를 도입하여 급기 송풍기로 송풍시켜 주면 DIRIVENT FAN에서 신선한 외기를 받아 소구경 노즐에서 고속으로 공기를 뿜어내 그 에너지로 신선한 외기의 유입과 실내공기의 교반을 하게하므로 외기를 배기쪽으로 밀고 가서 환기를 시키는 방식으로 DUCT와 DIRIVENT를 직렬로 설치하여 배기 GAS의 국소적인 정체현상이 생기지 않도록 하고, 설혹 국부정체가 발생하더라도 불안정하고 유동적인 것으로 될 수 있도록 하였다.

3.3.2 측정결과

(1) 분진 및 매연 가스 발생량

각 환기설비 시스템을 설치하고, 지하작업을 진행하면서 나타난 분진의 발생량을 측정한 결과는 Table 8과 같다.

지하 2층의 분진수준은 분진의 허용농도(기타분진) 10mg/m³보다 낮은 수준이나 작업이 이루어지고 있지 않는 지하 2층의 분진 발생량이 1.5(1.16~1.95)mg/m³인 이유는 지하 3, 4층 작업장과 개방되어 있는 3개의 개구부를 통해 비산되고 있기 때문이라 판단되므로, 분진비산을 방지하기 위한 조치가 필요하다.

지하 2층의 경우 내연기관 중기의 사용이 전혀 없는 층이지만 지하 3, 4층과 연결된 개구부를 통해 지하 2층 전체로 확산되고 있다. 지하 2층의 각 측정위치별 매연가스 평균 측정 결과치는 SO₂ 0.46(0.30~0.72)ppm, NO₂ 1.5(1.2~1.8)ppm, CO 3.85(3.0~4.7)ppm, CO₂ 910(790~1,050)ppm으로 허용농도보다 낮은 수준이지만 작업이 이루어지고 있지 않는 조건에서 확산, 전류되고 있는 농도 수준이므로 매연 가스의 확산방지를 위한 개선조치가 필요하고 사료된다.

Table 8 Dust & Smoke gas quantity of each story

Measure Point		Measured Result of each material				
		Dust	Smoking Gas(ppm)			
			SO ₂	NO ₂	CO	CO ₂
Base ment 2nd	A	1.44	0.30	1.2	3.0	800
	B	1.95	0.72	1.5	4.4	1,050
	C	1.69	0.47	1.5	4.7	1,000
	D	1.16	0.34	1.8	3.3	790
Average		1.56	0.46	1.5	3.85	910
Base ment 3rd	A	2.56	0.20	2.5	4.0	1,000
	B	4.15	0.76	3.5	5.0	1,050
	C	2.90	0.65	2.0	3.0	850
	D	2.14	0.56	2.0	3.0	750
Average		2.94	0.54	2.5	3.75	912.5
Base ment 4th	A	2.03	0.30	2.0	4.5	650
	B	2.80	0.43	2.3	5.0	1,000
	C	3.39	0.62	3.4	5.0	1,250
	D	2.57	0.61	3.0	4.5	1,100
	E	3.20	0.60	3.1	7.0	1,250
	F	2.27	0.67	2.2	4.6	850
	G	2.95	1.12	2.4	4.5	960
Average		2.74	0.62	2.63	5.59	1,008.6

지하 3층과 4층의 분진수준은 분진의 허용농도(기타분진) 10mg/m³ 보다 낮은 수준인 2.94(2.14~4.15)와 2.74(2.03~3.39)mg/m³이었다. 그러나 대부분의 분진 성분이 굴착, 평탄 작업중인 내연 중기에 의한 매연 분진으로 이는 호흡성분진(0.5~5.0μm)과 크기가 비슷한 아주 미세한 분진으로 매연가스와 더불어 호흡기관과 폐속까지 침착될 수 있어, 특히 주의를 요하는 분진이라고 사료되며 목재절단과 용접작업이 간헐적으로 이루어지고 있는 측정위치 B번의 경우 4.15mg/m³으로 분진이 다량 발생되어 주변장소에까지 확산되고 있다.

지하 3층의 매연가스는 지하 4층의 내연중기에서 발생된 매연가스가 슬라브 미설치 부위와 완전 밀폐 조치가 되지 않는 개구부를 통해 확산유입된 것으로 각 측정위치별 매연가스의 측정결과치는 평균 SO₂ 0.54(0.20~0.76)ppm, NO₂ 2.5(2.0~3.5)ppm, CO 3.75(3.0~5.0)ppm, CO₂ 912.5(790~1,050)ppm으로 허용 농도보다 낮은 수준이었지만 오염발생원인 없는 지하 3층의 작업조건에서 확산 잔류되고 있는 농도수준이므로 지하 4층으로부터

의 매연가스 확산방지를 위한 조치가 필요하다고 판단된다.

지하 4층의 매연가스는 굴삭작업과 상차, 평탄 작업중인 내연중기(불도우져 (200마력-1대)), 굴삭기(150마력, 100마력, 90마력, 40마력-각1대)에서 배출된 것으로 평균 측정결과치는 SO_2 0.62(0.30~1.12)ppm, NO_2 2.63(2.0~3.4)ppm, CO 5.59(4.5~7.0)ppm, CO_2 1,008.6(650~1,250)ppm으로 대부분의 측정위치별 매연가스 발생량이 허용농도 이하였으나 내연중기인 불도우져의 평탄작업위치(C.D.E번)의 경우 NO_2 가스가 허용농도를 초과하였고, 굴삭기 2대(150마력, 90마력)가 작업중인 G번 측정위치의 경우 SO_2 가 1.12ppm으로 높게 나타났다. 특히 내연중기에 의해 직접적으로 작업이 이루어지고 있는 장소의 경우 내연기관에서 배출되는 분진의 확산방지를 위한 조치가 필요하다고 생각된다.

(2) 지하환기 측정결과

지하 3, 4층에 설치된 송풍기기 및 배풍기기의 기류를 측정된 결과는 Table 9, 10과 같다. 지하 3, 4층에 설치된 송풍설비의 습기(Supply Air)기류의 측정결과 분지다트가 없는 A번과 G 및 Flange가 부착된 C번 다트관의 송풍정도가 양호한 상태였으며, 특히 분지다트가 없고 다트 Flange가 부착된 A번의 송풍능력이 매우 양호한 상태였고, 분지다트가 설치되고 다트 Flange가 미설치된 C번 송기다트의 송풍정도는 매우 낮은 상태로 나타나 이들 설비에 대한 다트 Flange 부착 분지다트의 설치갯수를 적정상태로 조절하여 충분한 량의 송풍능력을 유지할 수 있도록 하는 조치가 필요하다고 생각된다.

지하 3, 4층에 설치된 배풍설비의 배기제어속도의 측정결과 분지다트가 미설치된 B번의 배기다트를 제외한 모든 배풍기의 배기다트들의 분지다트의 길이가 너무길고, 분지관의 단면적이 너무 넓으면 배기다트 개구부에 흡입용 Flange가 미부착되어 매연 가스등을 포집 배출할 수 있는 제어속도가 30cm범위 이외의 위치에서는 거의 미약한 상태로 나타났다.

(3) 환기방식에 따른 성능결과

자연급기 강제배기 방식의 제3종 환기방식 적용결과, 나타난 지하작업에서의 배기가스를 측정된 결과, 매연가스는 Table 1의 허용농도보다 전체적

Table 9 Measured Result for Air blow by distance depending on installation type of blower equipment

blower NO	blower type	branch duct	duct Flange	Measured Result of Air by distance(m/sec)			
				1.5m	3m	20m	60m
A	siroco	none	installed	-	3.8	1.7	1.0
C	"	installed	2EA	-	5.8	1.3	-
D	"	installed	1EA	1.3	0.8	-	-
I	"	installed (3)	none	not measured (impossible)			
G	"	none	none	-	6.3	1.6	-

Table 10 Measured Result for Air blow by distance depending on installation type of blower equipment

Ventilator, No	Ventilator Type	Branch duct	Duct Flange	Measured Result of Air by distance(m/sec)		
				opening	30cm	1m
B	siroco	none	none	10.5	5.8	1.8
H	"	installed	"	1.6	1.2	0.2
E	"	installed	"	0.7	0.2	0.0
F	"	installed	"	1.8	0.1	0.0

으로 낮은 수치를 나타내었다. 그러나, 실제로 작업이 이루어지고 있는 동안에 작업자가 실제 느끼는 체감 농도는 아주 심각한 상태로 작업능률의 저하를 가져오는 것으로 나타나 환기 방식의 재검토가 요구되었다. 이와같은 이유는 개구부를 통한 자연 외기 도입이 기류, 기압 등의 영향으로 이른적인 개념과 상이하고, 작업진행에 따라 발생하는 배기 가스 및 분진이 공기보다 무거워 밑으로 정체되어 강제 배기를 실시하기에는 효과가 실제 계획보다 작기 때문이라 판단된다. 이외에 현장에서 적용할 당시 당초 환기시설의 계획시 터파기를 지하층 1개 높이를 4~5M 를 기준으로 하여 환기용량을 설계하였으나 실제 실 시공시 터파기 높이가 6~7M 정도에 이르러 지하환기부하가 증가함에 따른 배기 덕트의 흡입력의 증가가 이루어지지 못하였기 때문이라 생각된다.

3종환기방식을 보완하여 적용한, 송풍기 및 배풍기를 이용한 제 1종 기계환기방식은 법적 허용농도 기준치이내의 환기실태와 실제 농도에 있어 지하층의 작업환경에 많은 개선이 되었으나, 전체

적으로 지하공간의 환경이 개선되지 못하고 다음과 같은 문제점이 국부적으로 발생하였다.

- 1) 층별 개구부(OPEN)의 기류, 기압의 영향으로 기류형성 불가능으로 배기효과 저하
- 2) 급기 송풍기 DUCT와 배기 DUCT 설치가 미비한 곳에 매연 및 분진의 국소적인 정체현상 발생

이와같은 원인은 공사가 진행됨에 따라 지하층의 심도가 깊어져서 사용기자재의 대용량에 따른 매연과 발생분진이 암층에서 발생한 발생량 및 크기가 증대한 원인이라고 생각되며, 이에따른 환기 시설의 작동이 자연배기 및 강제배기 등을 이용하여 국부적으로 효과를 나타내기 때문이라고 판단된다. 그러므로 지하작업의 여건은 전체적으로 개선되었지만 부분적으로 분진이 정체된 후에 어느 정도 시간이 지나면 개선되는등의 정도로 나타났다. 이와같은 현상은 지하작업의 측면에서는 장애요인으로 작용하지는 않지만, 분진의 정체구역에서는 발생량에 따라 작업자의 심리적인 동요로 인한 안전사고등에 영향을 미치므로 완전한 작업환경조성과 시공작업의 생산성제고를 위해서 이를 보완할 수 있는 방안이 절실히 필요하다고 판단된다.

4. 지하공사 적정 조명 관리방안

4.1 작업안전성과 필요조도

작업에 따른 조명을 효과적으로 하기 위해서는 그 목적을 명확하게 하고 목적에 알맞는 설비로 하여야 할 것이다. 즉, 조명대상이 큰 것으로 부터 작은 것까지 정지상태로 부터 고속으로 움직이고 있는 것까지 그 재질에 의한 반사의 정도등을 고려하며, 환경에 있어서 습도 및 온도나 분진이나 가스등에 따른 장소와 작업내용에 적합하고 합리적인 조명을 행하여 생산성을 향상하도록 하여야 한다.

가설 조명공사는 건설공사에 있어 주공정이 아니라 구조물을 축조하는데 필요한 임시 시설로써 건설중에만 필요하고 건설 후에는 철거하는 일시적 시설이라는 관념아래 설치되므로 시공자가 경험에 의하여 계획 설치되므로 경제적 절감등을 이유로 소홀히 다루어지는 경향이 있다.

특히 지하공사에서의 가설조명설비는 밀폐된 공

간의 연속이고, 자연광을 의지할 수 없으므로 지하내에서 근로자가 보다 능률적이고 안전하게 일을 할 수 있도록 조도 허용기준인 75LUX 이상이 되도록 설계함이 바람직하다. 그러므로 가설조명 계획에 필요한 제조건으로서는, 1) 경제적 초기 투자비와 유지관리비 2) 수전계약 용량 3) 건물의 넓이, 천정높이 4) 지하 작업의 성질 5) 배선이나 기구 취부의 난이 등을 고려할 수 있다. 이와같은 인자들을 고려하여 작업을 하기위한 조도의 허용기준을 나타낸 것이 Table 11이다. 즉, 작업조건에 따라 필요한 조도가 분류되며, 각 개별장소의 조도 허용기준 이상을 유지하면 안전사고 방지, 시공 불량율의 감소, 작업자 피로 때문에 오는 능률 저하 방지를 사전에 예방할 수 있으리라 본다. 그러므로 공간특성상 인공조명에 의해 필요조도를 확보하여야 하는 지하공사의 경우, 발생분진 및 발생량 등을 고려하여 필요한 조도가 확보될 수 있도록 계획이 이루어져야 한다. 지하공사의 조명설계에서 필요한 조도를 얻기 위해서는 광원을 어떻게 배치하면 가장 합리적인가 문제가 된다. 이 경우에는 천장이나 벽의 반사때문에 단지 광원과 피조면만을 생각하여 계산한 조도와 실제의 조도에는 대단한 차이가 있는 것이 보통이다. 광원으로부터 직접 피조면에 도달하는 광속에 의한 조도를 직사조도라 하며 직사조도는 비교적 간단하게 계산된다.

Table 11 Allowable Criterion of Illuminance¹¹⁾

Work Classification	Illuminance Standard (Lux)
Excessive Precision Work	Over 750
Precision Work	Over 300
Normal Work	Over 150
Other Work	Over 75

균등한 조도분포를 얻기 위해서는 광원의 간격을 근접시키는 것이 좋으나 그럴경우, 램프의 사용이 많아져야 하므로 설비비와 점등비가 많아지며 경제적으로는 큰 램프를 적게 사용하는 것이 좋다. 그러므로 이 상반된 요소를 만족시키는 등의 간격과 크기를 잘 결정하여야 한다. 즉, 작업면위에 가설되는 등의 높이고 균등한 조도분포를 얻기 위한 등간격간에는 적당한 관계를 정하여야 하며, 그림자가 작업에 곤란을 일으키지 않도록 빛이 모든 방향으로부터 입사되도록 되어야 한다.

4.3 지하공사 조명대책 적용사례분석

4.3.1 조명대책 적용사례

작업조건 및 환경에 따른 가설조명의 사례현장은 3.3.1장의 현장조건과 동일하며, 작업부위 및 측정점에서의 조도는 조도계(Ishikawa Model IL-200, Japan)를 사용하여 바닥면 85cm높이의 작업근로자 주 작업 행동범위에 따라 2~3등분하여

각 측정점에서 조명도를 측정하였다. 지하층 가설 조명 배치도 및 각층에서의 조도측정위치는 Fig. 2와 같다.

4.3.2 측정결과 및 분석

가설조명 배치에 따른 각층 조도측정점에서의 조도는 Table 12, 13과 같다.

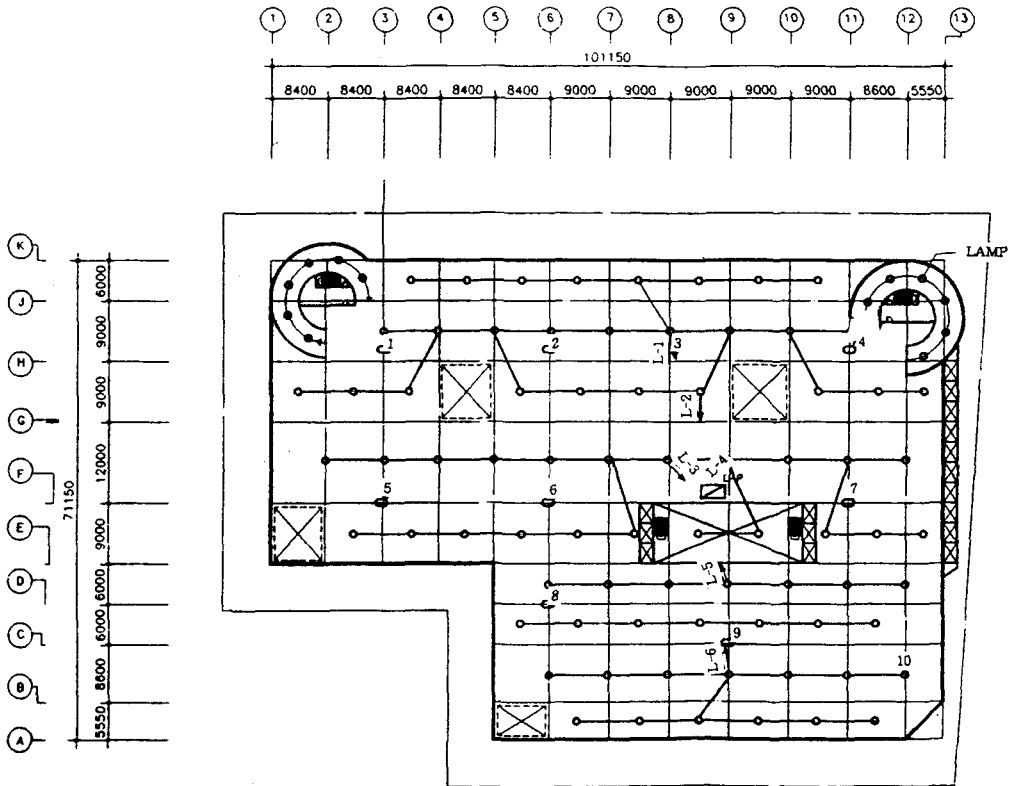


Fig. 2 Temporary Lighting Layout Diagram and Measure Point

지하 2층의 각 측정위치별 조도의 평균수준은 85.5Lux로 조도 허용기준(기타 작업조건)인 75lux 이상이었으나, 측정위치 1번과 4번은 조도기준보다 낮은 50Lux로 해당 위치에 충분한 조도수준을 유지할 수 있도록 하는 조명시설의 추가설치가 필요하다. 또한 지하 3층의 평균 조도수준은 78.9 (40.0~110.0)Lux로 조도의 허용기준(기타 작업조건)인 75Lux이상이었으나, 측정위치 1·2번은 조도기준보다 낮은 50(40~60)Lux로 해당위치가 슬라브 미설치 부위와 근접되어 있어 작업근로자

들의 추락재해등의 안전사고 예방등을 위한 충분한 정도의 조도상태를 유지하여 주어야 한다. 지하 4층의 각 측정위치별 평균 조도수준은 88.0(80.0~100.0)Lux로 조도의 허용기준(기타작업조건)인 75Lux이상이었다. 그러나 지하 5층의 각 측정위치별 평균 조도수준은 62.0(40.0~100.0)Lux, 지하 6층의 각 측정위치별 평균 조도수준은 57.0 (40.0~70.0)Lux로 조도의 허용기준(기타작업조건)인 75Lux이하로 작업조건이 충분하지 못한 것으로 판명되었다. 이는 층고 및 면지, 매연 등으로

Table 12 Measured Result of Illuminance in Basement 5th, 6th(Lux)

Measure Point	Result	Measure Point	Result		
Basement 5th	1	50	Basement 6th	1	60
	2	80		2	50
	3	70		3	70
	4	50		4	60
	5	40		5	50
	6	50		6	50
	7	80		7	60
	8	50		8	70
	9	100		9	70
	10	70		10	40
	Ave	62		Ave	57

Table 13 Measured Result of Illuminance in Basement 2nd, 3rd, 4th(Lux)

Measure Point	Result		Measure Point	Result	
		Illuminance			Illuminance
Basement 2nd	1	70.0	Basement 4th	1	80.0
	2	90.0		2	90.0
	3	90.0		3	80.0
	4	70.0		4	90.0
	5	130.0		5	100.0
	6	120.0		6	80.0
	7	50.0		7	100.0
	8	90.0		8	90.0
	9	100.0		9	80.0
Ave	85.5		Ave	88.0	
Basement 3rd	1	60.0	Basement 4th	10	90.0
	2	40.0			
	3	70.0			
	4	90.0			
	5	80.0			
	6	80.0			
	7	90.0			
	8	90.0			
	9	110.0			
Ave	78.9		Ave	88.0	

조도가 낮게 나타났기 때문이라 생각된다. 따라서 지하 5층이하 조명설계시 계획조도보다 높게 하여 필요한 허용조도를 확보하는 것이 작업안정성 및 생산성 측면에서 바람직하다고 본다. 또한 등과 등 사이의 조명 사각 지대가 발생하여 일반적인 자재 운반 및 청소 작업은 가능하지만, 공정 투입이 될 경우(방수, 미장, 조적 공사 등)에는 작업에 필

요한 평균 100Lux 이상으로 임시 가설조명을 별도로 설치하여야 한다. 지하 6층의 전기실, 기계실에는 장비설치, 용접 작업 등 정밀한 작업을 요하므로 설계된 가설 조명보다 최소 두배 이상의 조명을 고정적으로 설치해주는 것이 지하공사 작업의 능률향상에 효과적이라 생각된다.

지하공사의 가설 조명 기구 사용에 있어 램프 광속이 점등시간의 경과에 따라 노화하는 것과 먼지, 매연 때문에 조명 기구의 효율 저하로 처음 설치했을 때보다 점차 조도가 낮아지는 것으로 나타났으므로 이에 대한 대비가 필요하다고 사료된다. 또한 가설조명계획은 작업자들의 작업위치를 기준으로 이루어지고 있어 안전 및 운반에 중요한 통로인 입·출구 및 계단부분의 조도가 낮으므로 이에 대한 충분한 고려가 필요하다고 판단된다.

5. 결 론

건물의 대형화와 복합화 등 건설환경변화에 따라 향후 그 이용이 증가될 것으로 판단되고, 현대 도심지공사의 근접시공에 적용되고 있는 지하공사 공법에서의 지하환경을 작업능률의 향상과 작업자의 안전성 측면에서 쾌적하게 확보하고자 지하공사의 작업환경을 발생분진과 조명관점에서 고찰하고 사례연구를 통해 비교, 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 작업원의 이동성을 필요로 하는 지하공사의 작업은 이동식 국소배기설비를 사용하는 것이 작업진행에 따른 작업자의 분진 발생 폭로와 분진의 확산을 미연에 방지하여 분진의 국부정체를 일으키지 않도록 하므로 지하공간 환기환경의 쾌적성 확보에 유리하다.
- 2) 지하환경의 환기계획에서 고려하지 못한 지하 작업에 따른 사용기기의 매연발생을 방지하기 위해서는 사용기기의 배기관을 배기덕트에 직접 연결하여 배출하는 것이 매연의 확산을 방지하여 지하공간의 환기와 경제성 측면에서 유리하다.
- 3) 지하작업시 발생하는 분진 및 매연가스의 배기를 효율적으로 하기 위해서는 배기덕트의 길이를 줄이고 매연가스등을 원활히 포집배기할 수 있도록 각각의 개구부에 Flange를 부착하는 것이 유리하다.

- 4) 지하공사의 가설 조명 기구는 발생분진, 매연 및 현장의 전압변동에 의해 효율의 저하가 일반보다 크므로 여유분의 확보가 필요하고, 지하 5,6층의 조도는 기타층에 비해(1,2,3,4층) 같은 장소에서 측정하였는데도 층고 및 먼지, 매연 등으로 조도가 낮게 나타나므로 실제 필요한 작업조도를 확보하기 위해서는 계획조도보다 더 높게 시행되어야 한다.
- 5) 등과 등 사이의 조명 시각 지대가 발생하여 일반적인 자재 운반 및 청소 작업은 가능하지만, 공정 투입이 될 경우(방수, 미장, 조적 공사 등)에는 작업에 필요한 평균 100Lux 이상으로 임시 가설조명을 별도로 설치하여야 한다.
- 6) 가설조명계획은 작업자들의 작업위치를 기준으로 이루어지고 있어 안전 및 운반에 중요한 통로인 입·출구 및 계단부분의 조도가 낮으므로 이에 대한 고려가 필요하며, 지하 6층의 전기실, 기계실에는 장비설치, 용접 작업 등 정밀한 작업을 요하므로 설계된 가설 조명보다 최소 두배 이상의 조명을 고정적으로 설치해주는 것이 지하공사 작업의 능률향상에 효과적이다.
- 1) 전인권 편저, “환경 대사전”, 산업환경신문사, 1990.6.
- 2) 한국환경과학협의회(1989), “지하공간의 공기 오염 및 공기 중 미량 위해물질에 관한 조사 연구”.
- 3) 한국 : 노동부 산업안전보건법.
- 4) 鈴木偉介 : 作業環境管理の進め方, 産業と環境, 81.8, p. 23.
- 5) 産業と環境誌編集部 : 作業環境の實態とその管理, 産業と環境, 84.4, p. 70.
- 6) 김윤신, “실내공기 오염에 관한 보건학적 고찰”, 대한보건협회지, 1983, pp. 27~39.
- 7) 한국환경과학협의회(1989), “지하공간의 공기 오염 및 공기 중 미량 위해물질에 관한 조사 연구”.
- 8) 原田實 著, “地下工事の換氣・集じんの知識”, 鹿島出版會, 1986.
- 9) “American Society of Heating Refrigerating & Air Conditioning Engineers”, 1989, ASHRAE Standards 62-1981, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, ASHRAE.
- 10) 지철근, “최신조명학”, 문운당, 1994.

참 고 문 헌