



運轉改善으로 達成할 수 있는 에너지節約

22

4·6 晝光(自然光) 利用方案

요사이 에너지使用合理化의 입장에서 自然에너지의 有効利用이 많은 분야에서 적극적으로 도입되고 있다.

照明設備에서는 종전부터 學校建築에서 보듯이 晝光에 의한 照明의 이용방안이 여러 가지 용도의 建築物에 채택되어가고 있다.

여기서는 晝光을 효율적으로 사용하여 照明으로 활용하는 晝光利用 照明制御의 계획 및 실시에 대하여 그 개요를 기술한다.

4·6·1 프사리(晝光人工照明)와 晝光利用 照明

프사리(PSALI)란 Permanent Supplementary Artificial Lighting of Interiors의 略으로, 窓으로 들어오는 晝光을 主照明으로 하고 人工光을 補助照明으로 하여 그 양의 부족분을 보충하여 質을 개선하는 방안으로, 人工照明과 晝光과의 配合하고 합리적인 협조에 의하여 좋은 照明環境을 만드는 것을 권장하는 것이다.

(1) 輝度 밸런스를 重視한 프사리

晝間의 실내에서는 천장이나 벽에 비하여 窓의 輝도가 매우 높고 창가의 물건이 실루엣(Silhouette)으로 보이기 때문에 실내는 어둡게 느껴진다. 그러므로 쾌적한 照明環境을 만들기 위하여 실내의 人工照明을 窓의 輝도에 비례하도록 조절하여 균형을 잡는 것이 필요하다.

따라서 窓의 輝도가 떨어졌을 때는 실내의 照度を 떨어뜨려도 좋으므로, 상시 高照度로 點燈해 두는 것에 비하여 照明用電力을 저감할 수 있다.

(2) 照度 밸런스를 중시한 프사리

주간의 실내에는 晝光의 入射로 인해 창가의 照도가 실내의 구석부분에 비하여 높다. 그러므로 쾌적한 照明環境을 만들기 위해서는 창가의 人工照明을 減光하고 될 수 있는 한 실내조도분포의 밸런스를 맞추는 것이 필요하다.

따라서 창가 人工照明을 減光하게 되고 아울러 照明用電力을 저감할 수 있다.

4·6·2 採光計劃

최근에는 空調·照明設備의 진보와 에너지使用合理化를 위해 建物에서 窓의 開口面積이 축소화되는 경향에 있다.

그러나 窓은 인공적인 환경인 실내와 자연의 연결부분으로서 在室者에게 많은 심리적인 메리트를 부여하고 있으며 그 존재가치는 높은 것이다.

앞서 기술한 프사라도 晝光의 量과 色의 미묘한 변화가 在室者에게 끼치는 心理的인 效果를 중시한 것으로 앞으로 照明設計에서는 晝間의 人工照明이 중요한 포인트가 되리라 생각된다.

다음에 採光을 중심으로 한 窓에 관한 사항을 기술한다.

(1) 窓의 計劃條件

窓을 計劃하는데 고려하여야 할 사항으로서 다음과 같은 것을 들 수 있다.

(a) 採光을 위한 事項

(i) 基準晝光率

필요한 밝기를 얻기 위한 晝光率이 확보되는 窓의 위치와 크기를 선정한다.

(ii) 晝光率分布

晝光率의 均齊度가 높은 窓의 모양과 위치를 선정한다.

(iii) 光의 色

天空光은 靑色이 짙고 窓의 분위기가 진정되는 찬 느낌을 주므로 窓의 용도에 따라 주의할 필요가 있다.

(iv) 擴散性

窓의 면적이 작고 직사광이 들어오는 경우는 乳白 아크릴板과 같은 擴散性이 있는 窓材를 쓴다.

(v) 빛의 방향

窓이 한 방향일 때는 그림자가 생기므로 실내의 레이아웃에 주의하여야 한다.

(vi) 눈부심

窓面은 高輝度가 될 때가 많으므로 눈부심

(Glare)이 없도록 窓의 위치를 선정한다.

(b) 採光 이외의 事項

(i) 通風과 換氣

주된 風向과 室內의 熱環境을 고려하여 바람의 입구와 출구가 될 수 있도록 窓의 위치를 선정한다.

(ii) 日照調整

直射光이 드는 窓은 눈부심 및 夏節期의 실내 온도 상승을 막기 위하여 차양이나 블라인드를 설치한다.

(iii) 展 望

開放窓을 얻기 위하여 밖의 경치가 보이도록 窓의 모양과 위치를 선정한다.

(iv) 遮斷能力

비, 바람, 소음, 열, 日射, 벌레, 도둑 등의 침입에 대하여 차단 혹은 억제할 능력이 필요하다.

(2) 採光方式

採光方式은 採光의 위치에 따라 그림4·42와 같이 분류된다.

또한, 각 방식의 특징으로서 다음과 같은 사항을 들 수 있다.

(a) 側光에 의한 採光

(i) 한쪽 採光

① 가장 일반적인 것으로 많은 경험이 있고 구조·조작·보수 등이 무난하다.

② 투명하게 하면 전망이 좋고 開放感이 있고 또 안정감도 있다.

③ 책상면의 반사 눈부심이 생기지 않는다.

④ 입체감이 좋다.

⑤ 窓의 幅이 넓을 때 照度分布가 不均一하다.

⑥ 日氣·時間에 의한 변동이 크다.

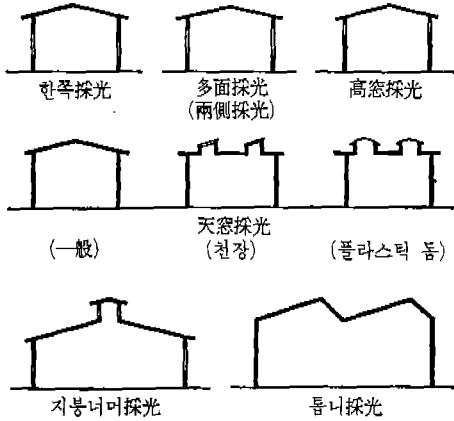
(ii) 多面採光

① 통풍이 잘된다.

② 照度가 증가하고 分布도 잘된다.

(採光位置) (採光方式)

側光 — 單側採光
 — 多面採光
 — 高窓採光
 頂光 — 天窗採光
 頂側光 — 지붕너머採光
 — 툇니지붕採光



<그림 4·42> 代表的인 採光方式

- ③ 立體感이 나쁘다.
- ④ 窓에 의한 직접 눈부심이 경감된다.
- ⑤ 窓에 안정감이 없다.

(iii) 高窓採光

- ① 照度分布가 좋다.
- ② 兩側에 있을 경우 벽의 밑부분도 밝지 않은 工場·美術館 등에 적합하다.
- ③ 전망과 통풍이 나쁘다.

(b) 頂光에 의한 採光

(i) 天窗採光

- ① 採光量이 많고 실내의 국부적 採光이 좋다.
- ② 照度分布가 균일하다.
- ③ 인접건물의 영향을 받지 않는다.
- ④ 太陽의 放射熱을 다량으로 통과시키게 된다.
- ⑤ 1日中의 照度變化가 많다.
- ⑥ 전망이 잘 안되고 개방감이 적다.
- ⑦ 비가 올 때 불안하다.

(c) 頂採光에 의한 採光

(i) 지붕을 넘는 採光

- ① 照度分布가 균일하다.
- ② 종일 天空光을 받아들일 수 있다.
- ③ 通氣와 採光을 결합 設計는 어렵다.

(ii) 툇니지붕 採光

- ① 照度分布가 均一하다.
- ② 종일 天空光을 받아들일 수 있다.

(3) 直射光의 차폐

採光計劃을 하는데 있어 직사광의 차폐를 하지 않았을 경우에는 照度分布의 不均一, 窓의 직접 '눈부심', 夏節期의 空調用熱負荷 증대 등의 장애가 발생한다. 따라서 天空光을 투과시켜 직사광을 차폐하는 것이 필요하다.

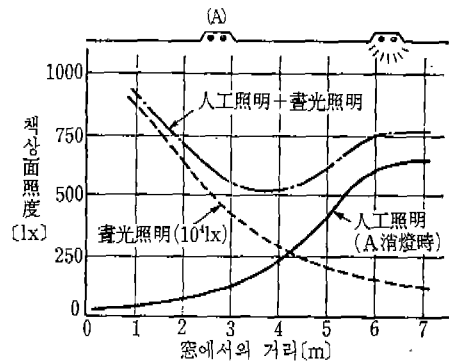
대표적인 차폐방법으로는 루버, 핀, 차양, 블라인드, 커튼, 발 등이 있다.

4·6·3 晝光利用 照明制御의 기본적인 방안

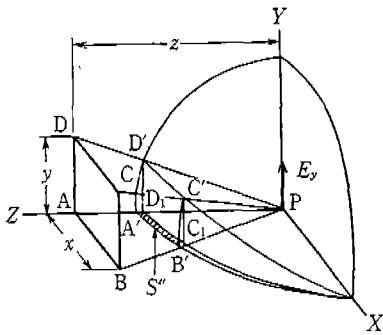
晝光利用 照明制御의 기본은 4·6·1항의 (2)에 기술한 照度 밸런스를 중시한 '프사리'이다.

즉, 쾌적한 실내환경을 얻기 위하여 照度分布의 균일화를 꾀하는 것이다.

그림 4·43에 표시하는 바와 같이 晝間의 作業面 照度는 晝光에 의한 照도와 人工光에 의한 照도를 가산한 값이다. 따라서 晝光의 入射量이



<그림 4·43> 晝間에 창가의 作業面 照度分布



<그림4·44> 長方形光源에 의한 照度

많을 때는 창가의 照明器具 (A)가 소등상태라도 所要照度を 충분히 확보할 수 있다.

그리하여 晝光의 入射量에 대응하여 창가의 照明을 制御하여 실내의 照度分佈, 均一化와 照明用電力의 저감을 목적으로 晝光利用照明 시스템이 研究·開發되었다.

制御 시스템의 원리는 窓面の 照度變化와 작업면의 照度變化에서 보여주는 相關性이다. 窓을 長方形의 定全擴散光源으로 생각하면 그림 4·44에서 다음과 같은 식이 성립된다.

$$E_y = B \cdot S''$$

B : 長方形光源의 輝度

S'' : 부채形 A'B'P - 부채形 C₁D₁P

$$\begin{aligned} \text{부채形 } A'B'P &= \frac{1}{2} \angle A'PB' = \frac{1}{2} \angle APB \\ &= \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{x}{z} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{부채形 } C_1D_1P &= \text{부채形 } CD'P \times \cos D'PD_1 \\ &= \frac{1}{2} \angle CPD \times \cos DPA \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{x}{\sqrt{z^2 + y^2}} \times \frac{z}{\sqrt{z^2 + y^2}}$$

$$S'' = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{x}{z} - \frac{1}{2} \cdot \frac{x}{\sqrt{z^2 + y^2}} \cdot \tan^{-1} \frac{x}{\sqrt{z^2 + y^2}}$$

$$E_y = \frac{B}{2} \left(\tan^{-1} \frac{x}{z} - \frac{z}{\sqrt{z^2 + y^2}} \tan^{-1} \frac{x}{\sqrt{z^2 + y^2}} \right)$$

$$B = \frac{E}{\pi}$$

E : 長方形光源面の 照度

$$\begin{aligned} E_y &= \frac{E}{2\pi} \left(\tan^{-1} \frac{x}{z} - \frac{z}{\sqrt{z^2 + y^2}} \tan^{-1} \frac{x}{\sqrt{z^2 + y^2}} \right) \\ U &= \frac{E_y}{E} = \frac{1}{2\pi} \left(\tan^{-1} \frac{x}{z} - \frac{z}{\sqrt{z^2 + y^2}} \cdot \right. \\ &\quad \left. \tan^{-1} \frac{x}{\sqrt{z^2 + y^2}} \right) \end{aligned}$$

여기서 U는 投射率이고 P點의 照度和 長方形光源面の 照度 사이에 相關性이 있는 것을 표시하고 있다.

4·6·4 晝光利用 照明制御 시스템의 실시 계획

에너지使用合理化에 대한 사회적인 책임과 에너지 코스트의 상승 등으로 인하여 建築物의 에너지使用合理化가 본격적으로 시도되고 있다. 특히 신축하는 建物에서는 그 기본계획 단계에서부터 에너지使用合理化가 중요시되어 현존하는 에너지使用合理化를 도모하는 기술을 적극적으로 도입하는 경향이 있다. 그러나 기존의 建物에서는 에너지使用合理化를 도모하는 데 技術的, 經濟的으로 문제점이 많아 쉽게 이루어지지 않고 있다.

그러므로 여기서는 기설의 照明設備에의 晝光利用 照明制御의 적용을 고려하여 그 시스템 구성에 대하여 기술한다.

(1) 기설의 照明設備에 도입할 때의 문제점

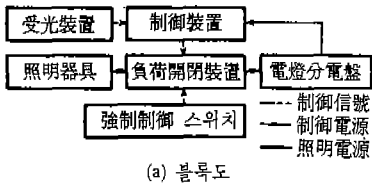
기설의 照明設備에 晝光利用 照明制御를 도입하는 경우 다음과 같은 문제점을 들 수 있다.

(a) 창가照明만의 點減回路를 구성할 필요가 있다.

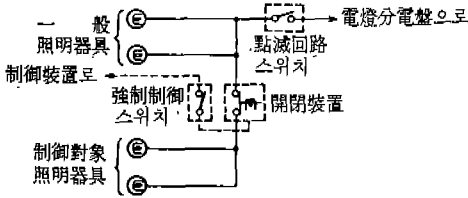
(b) 受光裝置와 制御裝置의 설치장소 및 配線 루트가 필요하다.

이들을 해결하는 방안으로는 여러 가지를 생각할 수 있으나 다음과 같은 점에 유의하여야 한다.

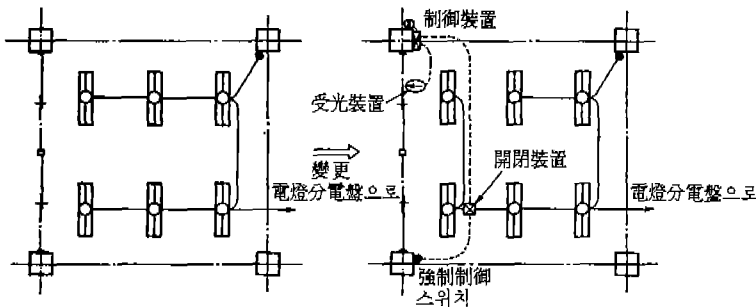
(a)에 관해서는, 開閉器를 상시 사람이 있는 실내에 설치할 경우에는 開閉器에 대한 배려가 필요하다. 또 수동점멸은 종전의 스위치로 할



(a) 블록도



(b) 회로도



(c) 배선도

<그림4·45> 기존설비의 晝光利用 照明制御 導入의 시스템 構成例

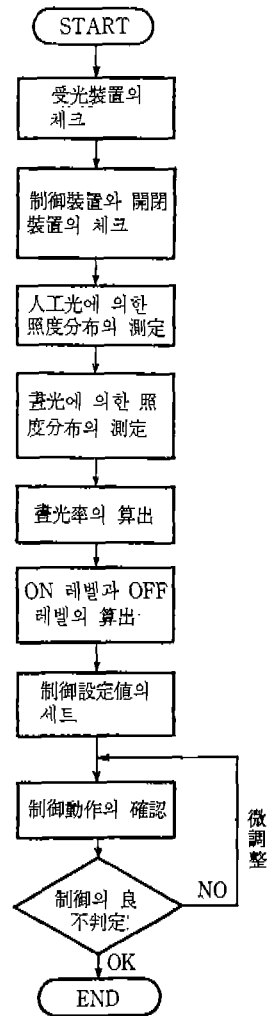
수 있도록 하는 등 시설의 설비를 최대한 살리는 노력이 필요하다.

(b)에 대하여는 受光裝置의 前面에 장애가 되는 물건(블라인드, 커튼 등)이 없는 것이 바람직하다. 또 制御裝置는 조정하기 쉬운 위치 및 높이로 하고 制御用電源을 끌기 쉬운 곳을 선정할 필요가 있다.

(2) 시스템의 構成例

시스템 構成의 一例를 그림4·45에 표시한다. 시스템의 기본구성은 블록도에 표시된 바와 같이 신설할 경우와 같다.

또 配線圖에서 명백해듯이 비교적 간단한 工事로 晝光利用 照明制御의 실시가 가능하다.



<그림4·46> 調整作業의 플로차트

(3) 調整作業의 進行법

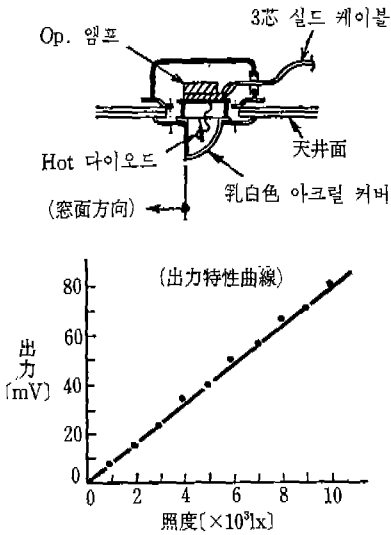
制御裝置의 調整은 기종에 따라 약간 다른데 그림4·46에 作業 進行방법의 一例를 플로차트로 표시한다.

(a) 하드面의 체크

(i) 受光裝置의 체크

受光裝置의 출력과 受光裝置와 동일조건에서 的 照度計의 指示値를 비교한다. 그림4·47에 受光裝置의 구조와 특성을 표시한다.

(構造)



<그림 4·47> 受光裝置의 構造와 出力特性

(ii) 制御裝置와 開閉裝置의 체크

制御裝置를 어떤 制御設定値로 세트하고 受光裝置에 빛을 비추어서 그 빛의 量을 변화시켜 보아 制御裝置의 동작을 확인한다. 또 그와 동시에 開閉裝置의 동작도 확인한다.

(b) 實測에 의한 데이터 收集

(i) 人工光에 의한 照度分布의 測定

人工照明의 소등시, 晝光에 의한 작업면 조도를 산출하기 위한 기초 데이터로서 각 照明制御 패턴에서의 작업면 조도분포를 實測에 의하여 구한다.

(c) 制御設定値의 算出

(i) 晝光率의 算出

晝光에 의한 照度分布의 실측 데이터에서 작업면 각점의 晝光率을 구한다.

(ii) On 레벨과 Off 레벨의 算出

制御設定値인 On 레벨과 Off 레벨을 실측 데이터에서 산출한 晝光率과 晝光에 의한 필요작업면의 照度を 이용하여 구한다.

(d) 소프트面の 체크

(i) 制御設定値의 세트

制御裝置를 (c)항에서 구한 制御設定値로 세트한다.

(ii) 制御動作의 확인

실제의 운전상태에서 작업면의 所要照度を 유지해 가며 制御動作이 확실하게 실시되고 있는가를 확인한다.

(iii) 制御의 良否判定

위에 기술한 확인과 在室者의 의견을 들어 制

에너지 소비절약 내 발등에 떨어진 불입니다

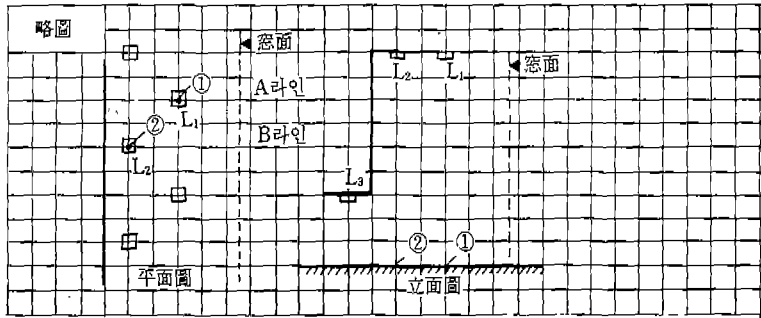
지난 3~4년 동안 계속해서 에너지 소비가 급격히 늘어나고 있어 심각한 문제가 되고 있습니다. 특히 전력수요가 폭증하는 여름철이 다가오면서 전력수급의 차질이 우려되고 있습니다.

경제기획원 · 동력자원부

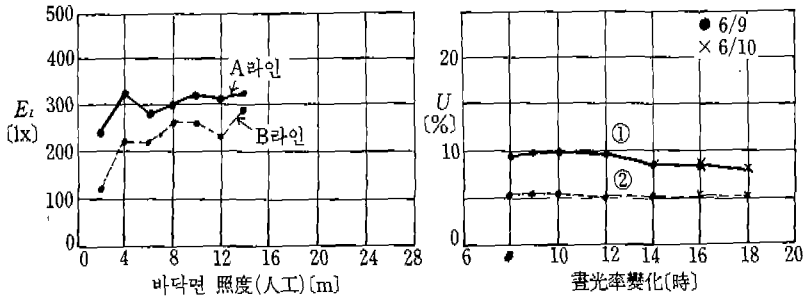
<표4·11> 制御設定値의 算出例

制御設定레벨 計算書

計算對象場所 南 棟 1층



A. 晝光輝의 算出



$$U = \frac{E_p - E_t}{E_o} \times 100(\%)$$

U : 晝光率

E_o : 바닥면 照度(晝光+人工)

E_t : 바닥면 照度(人工)

E_p : 受光裝置檢出照度

* 算出結果

포인트	U (%)
①	8.0
②	5.0

포인트	實測日時	E_p (lx)	E_t (lx)	E_o (lx)	U (%)
①	6. 9 8:00	1,250	260	10,500	9.42
	6. 9 9:00	1,300	260	10,500	9.90
	6. 9 10:00	1,300	260	10,500	9.90
	6. 9 12:00	1,300	260	11,000	9.45
	6. 9 14:00	1,200	260	11,000	8.45
	6. 9 16:00	720	260	5,500	8.36
	6.10 16:00	1,200	260	11,000	8.54
6.10 18:00	420	260	2,000	8.00	
②	6. 9 8:00	790	240	10,500	5.23
	6. 9 9:00	800	240	10,500	5.33
	6. 9 10:00	800	240	10,500	5.33
	6. 9 12:00	800	240	11,000	5.09
	6. 9 14:00	800	240	11,000	5.09
	6. 9 16:00	520	240	5,500	5.09
	6.10 16:00	800	240	11,000	5.09
	6.10 18:00	340	240	2,000	5.00

B. 不足照度の 算出

$$E_u = E - E_o \text{ (lx)}$$

E_u : 不足照度

E : 所要照度

E_o : 베이스 照度

算出條件: 照明 L_1 의 制御時

照明 L_1 의 制御는 照明 L_3 點燈時이다. 따라서 포인트 ② 의 베이스 照度를 50lx로 하고, 포인트 ① 의 베이스 照度를 0lx로 한다.

포인트	E (lx)	E_o (lx)	E_u (lx)
①	350	0	350
②	350	50	300

* 算出結果

照 明	포인트	E_u (lx)
L_1	①	350
	②	300
L_2	①	50
	②	150

算出條件：照明 L_2 의 制御時

照明 L_2 의 制御는 照明 L_1, L_3 의 點燈時이다. 따라서 포인트 ②의 베이스 照度를 200lx로 하고, 포인트 ①의 베이스 照度를 300lx로 한다.

포인트	E (lx)	E_b (lx)	E_u (lx)
①	350	300	50
②	350	200	150

C. On 레벨의 算出

$$L_{ON} = \frac{E_u}{U} \times 100 \text{ (lx)}$$

L_{ON} : On 레벨
 E_u : 不足照度
 U : 晝光率

照明 L_1 의 On 레벨

포인트	E_u (lx)	U [%]	L_{ON} (lx)
①	350	8.0	4,375
②	300	5.0	6,000

制御時의 바닥면 照度變化

포인트	照明 L_1 의 Off時 (lx)	照明 L_1 의 On時 (lx)
①	480	780
②	350	500

照明 L_2 의 On 레벨

포인트	E_u (lx)	U [%]	L_{ON} (lx)
①	50	8.0	625
②	150	5.0	3,000

制御時의 바닥면 照度變化

포인트	照明 L_2 의 Off時 (lx)	照明 L_2 의 On時 (lx)
①	540	690
②	350	650

* 算出結果

照 明	U_{ON} [%]
L_1	6,000
L_2	3,000

D. Off 레벨의 算出

On 레벨의 20%~30% 사이에서 500lx 單位

照明 L_1 의 Off 레벨

On 레벨 (lx)	120 [%]	130 [%]
6,000	7,200	7,800

制御時의 바닥면 照度變化

포인트	照明 L_1 의 On時 (lx)	照明 L_1 의 Off時 (lx)
①	900	600
②	575	425

照明 L_2 의 Off 레벨

On 레벨 (lx)	120 [%]	130 [%]
3,000	3,600	3,900

制御時의 바닥면 照度變化

포인트	照明 L_2 의 On時 (lx)	照明 L_2 의 Off時 (lx)
①	770	620
②	700	400

* 算出結果

照 明	L_{OFF} (lx)
L_1	7,500
L_2	4,000

御設定値의 良否를 판정하고 微調整의 필요를 판단한다.

(2) 制御設定値의 算出方法

조정작업중에 가장 중요한 制御設定値의 산출에 대하여 그 한 가지 방법을 표4·11을 이용하여 기술한다.

(a) 晝光率의 算出

受光裝置의 檢出照度를 기준으로 하는 晝光率을 晝光에 의한 작업면 照度分布의 실측 데이터와 함께 다음 식에 의하여 구한다.

$$U = \frac{E_p - E_l}{E_0} \times 100 (\%)$$

여기서 U : 晝光率

E_p : 작업면 조도

E₀ : 受光裝置 檢出照度

晝光率 U의 시간변화를 그래프로 그리고 그 장소의 사용시간대 안에서 가장 낮은 晝光率을 선정한다.

(b) 不足照度の 算出

人工照明的 소등시에 所要照度에 대하여 부족한 照度の 값을 다음 식에 의해 구한다.

$$E_u = E - E_b \text{ (lx)}$$

여기서 E_u : 不足照度

E : 所要照度

E_b : 베이스 照度

여기서 베이스 照度란 表示燈, 看板燈 등 그때의 制御에 관계없이 點燈하고 있는 照光裝置에 의한 照度を 말한다.

(c) On 레벨의 算出

On 레벨이란 消燈한 照明器具를 晝光量의 감소에 의하여 點燈시켜야 할 때 受光裝置의 檢出照度이며 다음 식에 의하여 구한다.

$$L_{ON} = \frac{E_u}{U} \times 100 \text{ (lx)}$$

여기서 L_{ON} : 레벨

E_u : 不足照度

U : 晝光率

On 制御時의 照度變化를 다음 식에 의하여 구한다.

(i) On 直前 :

$$E_p = \frac{L_{ON} \cdot U}{100} + E_b \text{ (lx)}$$

E_p : 작업면 조도(晝光+人工)

L_{ON} : On 레벨

U : 晝光率

E_b : 베이스 照度

E_l : 作業面 照度(人工)

(ii) On 直後 :

$$E_p = \frac{L_{ON} \cdot U}{100} + E_b + E_l \text{ (lx)}$$

(d) Off 레벨

Off 레벨이란 點燈하고 있는 照明器具를 晝光量의 증가에 의하여 消燈해도 좋을 때의 受光裝置 檢出照度로, 檢出照度の 미소한 변화에 의하여 일어나는 필요없는 점멸을 방지하기 위하여 On 레벨보다 20% 정도 높은 값으로 하고 있다.

$$L_{OFF} = L_{ON} \times 120 \text{ (lx)}$$

L_{OFF} : Off 레벨

L_{ON} : On 레벨

Off 制御時의 照明變化를 다음 식에 의하여 구한다.

(i) Off 直前 :

$$E_p = \frac{L_{OFF} \cdot U}{100} + E_b + E_l \text{ (lx)}$$

E_p : 作業面照度(晝光+人工)

L_{OFF} : Off 레벨

U : 晝光率

E_b : 베이스 照度

E_l : 作業面照度(人工)

(ii) Off 直後 :

$$E_p = \frac{L_{OFF} \cdot U}{100} + E_b \text{ (lx)}$$

☞ 다음 호에 계속