

### 3.2 トンネル照明設計

トンネル照明には基本照明（停電時照明を含む）、入口部照明、出口部照明及び特殊構造部の照明（分合流部、非常駐車帯、歩道部等）があるが、入口部及び出口部照明は高い野外輝度から基本照明までの境界部、移行部、緩和部で構成され、基本部の10倍程度の設計路面輝度が必要で、照明灯具も大きな定格光束（20,000lm 以上）が必要となるが、現時点のLED照明灯具では高出力化が困難であるため、入口部、出口部照明は対象としない。そのため、LEDトンネル照明は当面、基本照明（停電時照明）及び特殊構造部照明の一部を対象とする。

#### 3.2.1 トンネル照明

LEDを使用したトンネル照明は、基本照明を対象にするものとする。

##### 3.2.1.1 性能指標の決定

基本照明の性能指標は、平均路面輝度、輝度均斉度、視機能低下グレア、誘導性とする。

###### 1. 平均路面輝度

トンネル内の平均路面輝度は、設計速度に応じて表3.9 の値を標準とする。

表3.9 基本照明の平均路面輝度

| 設計速度 (km/h) | 平均路面輝度 (cd/m <sup>2</sup> ) |
|-------------|-----------------------------|
| 100         | 9.0                         |
| 80          | 4.5                         |
| 70          | 3.2                         |
| 60          | 2.3                         |
| 50          | 1.9                         |
| 40以下        | 1.5                         |

注. ここで用いる設計速度は、道路線形等の幾何構造のほか、交通の状況、最高速度の制限等、交通規制の状況などに応じて適宜定めるものとする。

トンネル1本当りの交通量が10,000台/日未満の場合は基本照明の平均路面輝度を表3.9の値の1/2まで低下させてもよい。

また、トンネル内走行時間が135秒以上となるような延長を有するトンネルについては、トンネル入口から走行時間が135秒以降の部分の平均路面輝度を表3.9の値の65%まで低下させることができる。

ただし、この場合においても0.7 cd/m<sup>2</sup>未満であってはならない。

### 3.2 トンネル照明設計

トンネル照明には基本照明（停電時照明を含む）、入口部照明、出口部照明及び特殊構造部の照明（分合流部、非常駐車帯、歩道部等）がある。

LEDトンネル照明においても高出力化が可能になったことから、基本照明（停電時照明）、入口部・出口部照明及び特殊構造部照明を対象とする。

#### 3.2.1 基本照明

##### 3.2.1.1 性能指標の決定

基本照明の性能指標は、平均路面輝度、輝度均斉度、視機能低下グレア、誘導性とする。

###### 1. 平均路面輝度

トンネル内の平均路面輝度は、設計速度に応じて表3.9 の値を標準とする。

表3.9 基本照明の平均路面輝度

| 設計速度 (km/h) | 平均路面輝度 (cd/m <sup>2</sup> ) |
|-------------|-----------------------------|
| 100         | 9.0                         |
| 80          | 4.5                         |
| 70          | 3.2                         |
| 60          | 2.3                         |
| 50          | 1.9                         |
| 40以下        | 1.5                         |

注. ここで用いる設計速度は、道路線形等の幾何構造のほか、交通の状況、最高速度の制限等、交通規制の状況などに応じて適宜定めるものとする。

トンネル1本当りの交通量が10,000台/日未満の場合は基本照明の平均路面輝度を表3.9の値の1/2まで低下させてもよい。

また、トンネル内走行時間が135秒以上となるような延長を有するトンネルについては、トンネル入口から走行時間が135秒以降の部分の平均路面輝度を表3.9の値の65%まで低下させることができる。

ただし、この場合においても0.7 cd/m<sup>2</sup>未満であってはならない。

2. 輝度均斉度

輝度均斉度は総合均斉度とし、表3.10 を原則とする。

表3.10 総合均斉度

| 道路分類 | 総合均斉度 |
|------|-------|
| トンネル | 0.4以上 |

また、車線軸均斉度は推奨値とし、0.6 以上とする。ただし、一般国道で設計速度 60km/h 以下の場合に、交通量により平均路面輝度を低減しているトンネルの車線軸均斉度はこの限りでない。

3. 視機能低下グレア

視機能低下グレアは、相対閾値増加を原則として表3.11 とする。

表3.11 視機能低下グレア

| 道路分類 | 相対閾値増加 (%) |
|------|------------|
| トンネル | 15以下       |

4. 誘導性

適切な誘導性が得られるよう、灯具の高さ、配列、間隔等を決定するものとする。

トンネル内に分合流部のある場合は、運転者が分合流部の存在を安全な距離手前から確認できるとともに、分合流に伴う車線の変化状況を把握しやすくするため、灯具の配列などによる光学的誘導効果を利用することが有効である。

5. 壁面輝度

運転者がトンネル内を安全、円滑に走行するためには、路面だけでなく、壁面、天井面も含めた明るさのバランスにも配慮した良好な視環境を作り出す必要がある。

壁面輝度は、路上からの高さ 1m までの範囲を対象に平均路面輝度との比とし、表 3.12を推奨値とする。

表3.12 壁面輝度の推奨値

| 壁面仕上げ   | 路面舗装  |        | 壁面輝度比<br>(路面：壁面) |
|---------|-------|--------|------------------|
|         | 内装板あり | コンクリート |                  |
| 上記以外の場合 |       |        | 1：1              |
| アスファルト  |       | 1：1    |                  |
| 内装板なし   | —     |        | 1：0.6            |

注1. 歩道を有するトンネルでは、壁面が障害物の背景とならないため、歩道側の壁面輝度比はこの限りではない。

注2. 比較的路肩が狭い場合とは、路肩幅員が0.75m程度までとする。

2. 輝度均斉度

輝度均斉度は総合均斉度とし、表3.10 を原則とする。

表3.10 総合均斉度

| 道路分類 | 総合均斉度  |
|------|--------|
| トンネル | 0.4 以上 |

また、車線軸均斉度は推奨値とし、0.6 以上とする。ただし、一般国道で設計速度 60km/h 以下の場合に、交通量により平均路面輝度を低減しているトンネルの車線軸均斉度はこの限りでない。

3. 視機能低下グレア

視機能低下グレアは、相対閾値増加を原則として表3.11 とする。

表3.11 視機能低下グレア

| 道路分類 | 相対閾値増加 (%) |
|------|------------|
| トンネル | 15 以下      |

4. 誘導性

適切な誘導性が得られるよう、灯具の高さ、配列、間隔等を決定するものとする。

トンネル内に分合流部のある場合は、運転者が分合流部の存在を安全な距離手前から確認できるとともに、分合流に伴う車線の変化状況を把握しやすくするため、灯具の配列などによる光学的誘導効果を利用することが有効である。

5. 壁面輝度

運転者がトンネル内を安全、円滑に走行するためには、路面だけでなく、壁面、天井面も含めた明るさのバランスにも配慮した良好な視環境を作り出す必要がある。

壁面輝度は、路上からの高さ1 mまでの範囲を対象に平均路面輝度との比とし、表 3.12を推奨値とする。

表3.12 壁面輝度の推奨値

| 壁面仕上げ   | 路面舗装  |        | 壁面輝度比<br>(路面：壁面) |
|---------|-------|--------|------------------|
|         | 内装板あり | コンクリート |                  |
| 上記以外の場合 |       |        | 1：1              |
| アスファルト  |       | 1：1    |                  |
| 内装板なし   | —     |        | 1：0.6            |

備考 1. 比較的路肩が狭い場合とは、路肩幅員が0.75m程度までとする。

2. 広い路肩や歩道を有するトンネルなど、壁面が障害物の背景となりにくい場合の壁面輝度比はこの限りではない。

3. 内装とは、白色系塗装を含む。

### 3.2.1.2 灯具の配置

#### 1. 灯具の取付高さ

灯具の取付高さは、路面の輝度分布の均一性を出来るだけ良好に保つと同時に、灯具のグレアによる悪影響をできるだけ少なくするため、原則として4～5m程度以上の高さとする。

#### 2. 灯具の配列

照明灯具の配列は、向き合せまたは千鳥配列を原則とするが、幅員が狭いなど、状況に応じて、片側または中央配列とすることができる。図3.14に照明灯具の配列例を示す。

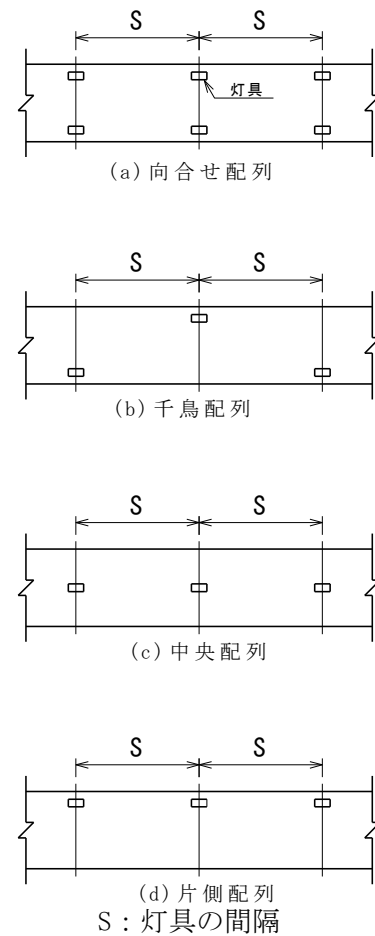


図3.14 灯具の配列

#### 3. 灯具の間隔

灯具の間隔S は、路面の輝度均斉度とちらつきに影響を与えるので、その設定にあたっては下記の内容を考慮する必要がある。

- 1) ちらつきの明暗輝度比が少ないほど不快感が少ない。
- 2) ちらつきによる不快感は、明暗の周波数が2.5Hz 以下または25Hz 以上の場合にはほとんど問題にならず、5～18Hz の間が最大である。

### 3.2.1.2 灯具の配置

#### 1. 灯具の取付高さ

灯具の取付高さは、路面の輝度分布の均一性を出来るだけ良好に保つと同時に、灯具のグレアによる悪影響をできるだけ少なくするため、原則として4～5m程度以上の高さとする。

#### 2. 灯具の配列

照明灯具の配列は、向き合せまたは千鳥配列を原則とするが、幅員が狭いなど、状況に応じて、片側または中央配列とすることができる。図3.14に照明灯具の配列例を示す。

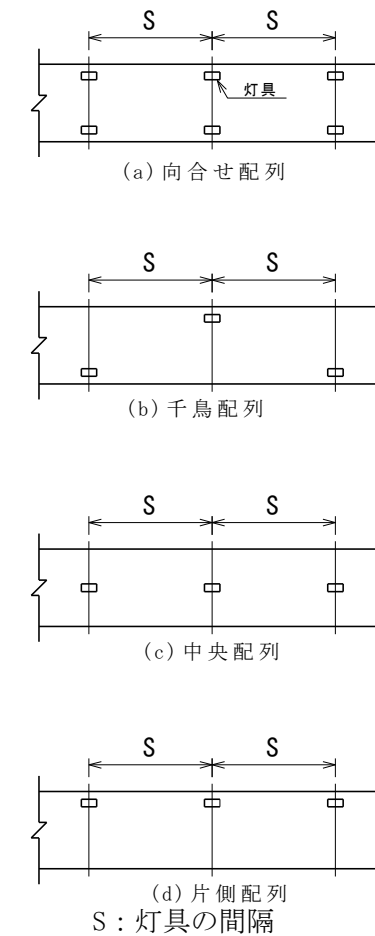


図3.14 灯具の配列

#### 3. 灯具の間隔

灯具の間隔S は、路面の輝度均斉度とちらつきに影響を与えるので、その設定にあたっては下記の内容を考慮する必要がある。

- 1) ちらつきの明暗輝度比が少ないほど不快感が少ない。
- 2) ちらつきによる不快感は、明暗の周波数が2.5Hz 以下または25Hz 以上の場合にはほとんど問題にならず、5～18Hz の間が最大である。

3) 明るくなる時間が明暗の1周期の25%程度をとる場合（明暗時間率25%）を中心にして、それより大きく、または小さくなるほど不快感は減少する。

ちらつきによる不快感を少なくするためには表3.13 に示す明暗輝度比、明暗時間率、明暗の周波数の関係を避けることがよい。

表3.13 ちらつきによる不快感を少なくするための三つの要素の関係

| 明暗輝度比 | 避けるべき明暗の周波数 (Hz) | 避けるべき明暗時間率 (%) |
|-------|------------------|----------------|
| 50    | 3.5～17           | 5～62           |
| 40    | 4.0～16           | 6～59           |
| 30    | 4.5～14.5         | 7～56           |
| 20    | 5.0～12.5         | 9～51           |
| 10    | —                | 15～40          |

注 明暗輝度比 =  $\frac{\text{ちらつき光の明輝度}}{\text{ちらつき光の暗輝度}}$

明暗時間率 =  $\frac{\text{ちらつき光の明時間}}{\text{ちらつき光の暗時間}} \times 100$

灯具の間隔の設定にあたっては、表3.13 をもとにちらつきによる不快感を少なくするための検討を行い、できるだけこれを避ける配列と灯具の間隔を設定すること。各設計速度に応じて5～18Hz のちらつきによる不快感を除くために避けるべき灯具の間隔を表3.14 に示す。

表3.14 ちらつき防止のために避けるべき灯具の間隔

| 設計速度 (km/h) | 灯具の間隔 (m) |
|-------------|-----------|
| 100         | 1.5～5.6   |
| 80          | 1.2～4.4   |
| 70          | 1.1～3.9   |
| 60          | 0.9～3.3   |
| 50          | 0.8～2.8   |
| 40以下        | 0.6～2.2   |

ただし、明暗輝度比が10 以下の場合、表3.14 に制約されることなく、灯具の間隔を設定できる。さらに、灯具を連続して取り付けのような場合や短いトンネルでは下記の理由により問題にしくなくてもよい。

- 1) 灯具を連続して取り付けのような場合には、明暗輝度比、明暗時間率が小さくなるので、これをあまり問題にしくなくてもよい。
- 2) ちらつきによる不快感は、ある程度の時間継続する場合に起こるので、走行時間が30秒以下の短いトンネル（設計速度が80km/hの場合、約670mに相当）や入口

3) 明るくなる時間が明暗の1周期の25%程度をとる場合（明暗時間率25%）を中心にして、それより大きく、または小さくなるほど不快感は減少する。

ちらつきによる不快感を少なくするためには表3.13 に示す明暗輝度比、明暗時間率、明暗の周波数の関係を避けることがよい。

表3.13 ちらつきによる不快感を少なくするための三つの要素の関係

| 明暗輝度比 | 避けるべき明暗の周波数 (Hz) | 避けるべき明暗時間率 (%) |
|-------|------------------|----------------|
| 50    | 3.5～17           | 5～62           |
| 40    | 4.0～16           | 6～59           |
| 30    | 4.5～14.5         | 7～56           |
| 20    | 5.0～12.5         | 9～51           |
| 10    | —                | 15～40          |

備考 明暗輝度比 =  $\frac{\text{ちらつき光の明輝度}}{\text{ちらつき光の暗輝度}}$

明暗時間率 =  $\frac{\text{ちらつき光の明時間}}{\text{ちらつき光の暗時間}} \times 100$

灯具の間隔の設定にあたっては、表3.13 をもとにちらつきによる不快感を少なくするための検討を行い、できるだけこれを避ける配列と灯具の間隔を設定すること。各設計速度に応じて5～18Hz のちらつきによる不快感を除くために避けるべき灯具の間隔を表3.14 に示す。

表3.14 ちらつき防止のために避けるべき灯具の間隔

| 設計速度 (km/h) | 灯具の間隔 (m) |
|-------------|-----------|
| 100         | 1.5～5.6   |
| 80          | 1.2～4.4   |
| 70          | 1.1～3.9   |
| 60          | 0.9～3.3   |
| 50          | 0.8～2.8   |
| 40以下        | 0.6～2.2   |

ただし、明暗輝度比が10 以下の場合、表3.14 に制約されることなく、灯具の間隔を設定できる。さらに、灯具を連続して取り付けのような場合や短いトンネルでは下記の理由により問題にしくなくてもよい。

- 1) 灯具を連続して取り付けのような場合には、明暗輝度比、明暗時間率が小さくなるので、これをあまり問題にしくなくてもよい。
- 2) ちらつきによる不快感は、ある程度の時間継続する場合に起こるので、走行時間が30秒以下の短いトンネル（設計速度が80km/hの場合、約670mに相当）や

照明区間では問題にする必要はない。

入口照明区間では問題にする必要はない。

### 3.2.2 入口部・出口部照明

入口部照明及び出口部照明は、設計速度、トンネル延長、交通量及び野外輝度等を考慮し設置する。

#### 3.2.2.1 入口部照明

入口部照明は、延長が50m以上のトンネルに設置する。なお、延長が50m未満のトンネルにあっても、トンネルの線形等により見通しが悪く、入口部と出口部からの自然光の射し込みが期待できない場合は、入口部照明を設置する。

#### 3.2.2.2 入口部照明各部の路面輝度と長さ

入口部照明各部の路面輝度及び長さは、表3.15を標準とする。

表3.15 入口部照明（野外輝度3,300 cd/m<sup>2</sup>の場合）

| 設計速度<br>(km/h) | 路面輝度(cd/m <sup>2</sup> ) |                |                | 長さ(m)          |                |                |                |
|----------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                | L <sub>1</sub>           | L <sub>2</sub> | L <sub>3</sub> | ℓ <sub>1</sub> | ℓ <sub>2</sub> | ℓ <sub>3</sub> | ℓ <sub>4</sub> |
| 100            | 95                       | 47             | 9.0            | 55             | 150            | 135            | 340            |
| 80             | 83                       | 46             | 4.5            | 40             | 100            | 150            | 290            |
| 70             | 70                       | 40             | 3.2            | 30             | 80             | 140            | 250            |
| 60             | 58                       | 35             | 2.3            | 25             | 65             | 130            | 220            |
| 50             | 41                       | 26             | 1.9            | 20             | 50             | 105            | 175            |
| 40             | 29                       | 20             | 1.5            | 15             | 30             | 85             | 130            |

- 備考 1. L<sub>1</sub>は境界部、L<sub>2</sub>は移行部終点、L<sub>3</sub>は緩和部終点(基本照明)の路面輝度、ℓ<sub>1</sub>は境界部、ℓ<sub>2</sub>は移行部、ℓ<sub>3</sub>は緩和部、ℓ<sub>4</sub>は入口部照明の長さ(ℓ<sub>1</sub>+ℓ<sub>2</sub>+ℓ<sub>3</sub>)
2. 路面輝度L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>は野外輝度に比例して設定するものとし、その場合の緩和部の長さℓ<sub>3</sub>は次式により算出する。
- $$\ell_3 = (\log_{10} L_2 - \log_{10} L_3) \cdot V / 0.55 \quad (\text{m})$$
- ただし、Vは設計速度(km/h)
3. 通常のトンネルでは、自然光の入射を考慮してトンネル入口より概ね10mの地点より人工照明を開始する。
4. 対面交通の場合は、両入口それぞれについて本表を適用する。短いトンネルで両入口の入口部照明区間が重なる場合は、路面輝度の高い方の値を採用する。

#### 3.2.2.3 出口部照明

出口部照明は、次の条件が重なるような場合に設ける。

- ① トンネルの設計速度が80 km/h以上
- ② トンネル出口付近の野外輝度が5,000cd/m<sup>2</sup>以上
- ③ トンネル延長が400m以上

出口付近の野外輝度は、トンネル内から見た20度視野が出口坑口とほぼ重なる位置に設定する。出口部照明の明るさは、車線中央の路上高さ0.7mの鉛直面照度が野外輝度の12%以上とする。また、照明区間の長さは出口までの80mとする。

### 3.2.2 特殊構造部

特殊構造部の照明においては、設計速度における所要路面輝度、照明対象の所要照度などからLED 照明灯具の性能、設置方法などを考慮してLED 照明灯具の適応性をそれぞれ検討するものとする。

#### 3.2.2.1 分合流部

分合流部には、運転者がその位置と道路線形を安全な距離から視認でき、交通流の変化に安全に対処できるような照明施設を設ける。分合流部の照明は、以下に示す点が重要である。

- ・明るさを増加することによる位置の明示。
- ・光学的誘導効果を考慮した灯具配置。

分合流部の照明は交通量に応じて、基本照明、平均路面輝度の1.5倍から2倍とするのがよい。その照明範囲は、原則としてノーズの先端から車道部のテーパの終端までとする。

#### 3.2.2.2 非常駐車帯の照明

非常駐車帯には、その位置が視認でき、かつ一時的に待避している車両の存在を走行中の車両から確認するため、照明施設を設ける。

非常駐車帯の照明は、その設置目的から、遠方からその存在が良くわからなければならないので、以下に示すような手法が有効である。

- ・明るさを増加することによる位置の明示。
- ・灯具の配置や光源の光色を変えることによる位置の明示。

非常駐車帯は、夜間減灯時においても基本照明と併せて平均路面照度 50 lx以上を保つように照明施設を設置する。

なお、本線の設計照度が高い場合には、非常駐車帯の照度は本線の照度と同等以上にする。

#### 3.2.2.3 歩道部の照明

歩道を有するトンネルの歩道部において、歩行者等が安全に歩行できるように必要に応じて設置する。

歩道を有するトンネル歩道部の推奨照度は、夜間減灯時においても、平均路面照度 5lx 以上の明るさを確保することが望ましい。トンネル照明のみで、所要照度を満足する場合は歩道部専用の照明施設を設置する必要はない。

基本的に基本部の照明設計において歩道部の照度を確保できるように設計すること。別に歩道部照明を設置する場合には、LED 照明灯具の適応性については別途検討を行う。

### 3.2.3 特殊構造部の照明

特殊構造部の照明においては、設計速度における所要路面輝度、照明対象の所要照度などからLED 照明灯具の性能、設置方法などを考慮してLED 照明灯具の適応性をそれぞれ検討するものとする。

#### 3.2.3.1 分合流部の照明

分合流部には、運転者がその位置と道路線形を安全な距離から視認でき、交通流の変化に安全に対処できるような照明施設を設ける。分合流部の照明は、以下に示す点が重要である。

- ・明るさを増加することによる位置の明示。
- ・光学的誘導効果を考慮した灯具配置。

分合流部の照明は交通量に応じて、基本照明、平均路面輝度の1.5倍から2倍とするのがよい。その照明範囲は、原則としてノーズの先端から車道部のテーパの終端までとする。

#### 3.2.3.2 非常駐車帯の照明

非常駐車帯には、その位置が視認でき、かつ一時的に待避している車両の存在を走行中の車両から確認するため、照明施設を設ける。

非常駐車帯の照明は、その設置目的から、遠方からその存在が良くわからなければならないので、以下に示すような手法が有効である。

- ・明るさを増加することによる位置の明示。
- ・灯具の配置や光源の光色を変えることによる位置の明示。

非常駐車帯は、夜間減灯時においても基本照明と併せて平均路面照度 50 lx以上を保つように照明施設を設置する。

なお、本線の設計照度が高い場合には、非常駐車帯の照度は本線の照度と同等以上にする。

#### 3.2.3.3 歩道部の照明

歩道を有するトンネルの歩道部において、歩行者等が安全に歩行できるように必要に応じて設置する。

歩道を有するトンネル歩道部の推奨照度は、夜間減灯時においても、平均路面照度 5 lx 以上の明るさを確保することが望ましい。トンネル照明のみで、所要照度を満足する場合は歩道部専用の照明施設を設置する必要はない。

基本的に基本部の照明設計において歩道部の照度を確保できるように設計すること。別に歩道部照明を設置する場合には、LED 照明灯具の適応性については別途検討を行う。

### 3.2.2.4 避難通路の照明

避難通路には、非常時の避難や安全などを確保するために照明施設を設ける。

避難通路の推奨照度は以下のとおりとする。

避難坑 ... 平均路面照度 10 lx 以上

避難連絡坑 ... 平均路面照度 20 lx 以上

避難通路は本線トンネルと断面及び路幅が異なるためLED 照明灯具の適応性については別途検討を行う。

### 3.2.3 停電時照明

停電時照明は、停電時における危険防止のため、必要に応じて設けるものとし、基本照明の一部を兼用することができる。

一般に延長200m未満の直線に近いトンネルでは、出口がよく見通せ、停電の場合でも比較的容易に通過できることから、停電時照明を設置しなくてもよい。ただし、屈曲し出口の見えないようなトンネルでは、200m未満の短いトンネルであっても停電時照明を設置することができる。

LED照明灯具の場合は、基本的に直流で動作するため、交流で動作する照明灯具と停電時照明方式が異なり、LEDモジュールの一部又は全部を電池若しくは直流電源で容易に点灯させることが可能である。灯具の更新も考慮し、既存の電源設備などを調査の上、LED照明灯具の特性を生かして適切な停電時照明となるように検討するものとする。

停電時照明の電源方式は次による。

#### 1. 無停電電源装置によって電源供給する方式

この方式には次の二つがある。

##### (1) 灯具組み込み電源によって電源供給する方式

① トンネル延長が短く、受電室を設けない場合又は無停電電源装置を設けることが著しく不経済である場合には、照明灯具内に蓄電池を組み込んだ非常用灯具を使用する。

② 非常用灯具による照明は、基本照明の概ね1/8 以上の明るさで、点灯することが可能な電池容量をもつものとする。

##### (2) 電気室等に設置した無停電電源装置又は蓄電池によって電源供給する方式

① 無停電電源装置による交流電源を供給する方式又は蓄電池による直流電源を供給する方式がある。その照明レベルは、基本照明の概ね1/8 以上の明るさを確保するものとする（蓄電池による直流電源供給方式は、交流停電後にLED 照明灯具に直接直流電流を供給し、一定の光束を確保する方式）。

② 無停電電源装置又は蓄電池の容量は、主電源の停止後必要な点灯時間を確保するものとする。

### 3.2.3.4 避難通路の照明

避難通路には、非常時の避難や安全などを確保するために照明施設を設ける。

避難通路の推奨照度は以下のとおりとする。

避難坑 ... 平均路面照度 10 lx 以上

避難連絡坑 ... 平均路面照度 20 lx 以上

避難通路は本線トンネルと断面及び路幅が異なるためLED 照明灯具の適応性については別途検討を行う。

### 3.2.4 停電時照明

停電時照明は、停電時における危険防止のため、必要に応じて設けるものとし、基本照明の一部を兼用することができる。

一般に延長200 m未満の直線に近いトンネルでは、出口がよく見通せ、停電の場合でも比較的容易に通過できることから、停電時照明を設置しなくてもよい。ただし、屈曲し出口の見えないようなトンネルでは、200 m未満の短いトンネルであっても停電時照明を設置することができる。

LED照明灯具の場合は、基本的に直流で動作するため、交流で動作する照明灯具と停電時照明方式が異なり、LEDモジュールの一部又は全部を電池若しくは直流電源で容易に点灯させることが可能である。灯具の更新も考慮し、既存の電源設備などを調査の上、LED照明灯具の特性を生かして適切な停電時照明となるように検討するものとする。

停電時照明の電源方式は次による。

#### 1. 無停電電源装置によって電源供給する方式

この方式には次の二つがある。

##### (1) 灯具組み込み電源によって電源供給する方式

① トンネル延長が短く、受電室を設けない場合又は無停電電源装置を設けることが著しく不経済である場合には、照明灯具内に蓄電池とインバータによって変換させ停電時に自動的に点灯させる。

② 停電時の照明レベルは、基本照明の概ね1/8以上の明るさを確保することが望ましい。

##### (2) 電気室等に設置した無停電電源装置又は蓄電池によって電源供給する方式

① 無停電電源装置による交流電源を供給する方式又は蓄電池による直流電源を供給する方式がある。その照明レベルは、基本照明の概ね1/8 以上の明るさを確保するものとする（蓄電池による直流電源供給方式は、交流停電後にLED 照明灯具に直接直流電流を供給し、一定の光束を確保する方式）。

② 無停電電源装置又は蓄電池の容量は、主電源の停止後必要な点灯時間を確保するものとする。

2. 予備発電設備によって電源供給する方式

予備発電設備（自家発電設備）により基本照明の一部を使用した停電時照明に交流電源を供給する場合の照明レベルは、基本照明の概ね1/4以上の明るさとする。

**3.2.4 トンネル照明の運用**

トンネル照明は、交通の安全に配慮のうえ、効率的かつ経済的に運用するものとする。

**3.2.4.1 基本照明の調光**

交通量の低減する夜間においては、基本照明の路面輝度を低減することができる。基本照明は、夜間は表3.9に示す値の1/2、深夜は1/4程度に調光することを基本とする。ただし、その場合でも平均路面輝度は0.7cd/m<sup>2</sup>以上、総合均斉度は0.4以上とするが、できるだけ高く維持することが望ましい。

LED照明の調光は一般的にモジュール制御装置の調光機能により可能であり、制御設備（制御線等）を考慮すると共に、プログラム制御方式等も含めて総合均斉度等に優れた最適な調光制御方式を検討するものとする。

**3.2.5 照明設計**

**3.2.5.1 基本照明の概略設計**

基本照明は、施設整備計画に基づき、合理的かつ経済的な照明施設の設計を行うものとする。

1. 基本照明の設計手順

トンネル照明の設計は、設置基準・同解説に準拠した規定値および推奨値を所定の計算方法により算出し、経済性等を総合的に検討して照明施設を決定するものである。

基本照明の設計手順を図3.15に示す。

2. 予備発電設備によって電源供給する方式

予備発電設備（自家発電設備）により基本照明の一部を使用した停電時照明に交流電源を供給する場合の照明レベルは、基本照明の概ね1/4以上の明るさとする。

**3.2.5 トンネル照明の運用**

トンネル照明は、交通の安全に配慮のうえ、効率的かつ経済的に運用するものとする。

**3.2.5.1 基本照明の調光**

交通量の低減する夜間においては、基本照明の路面輝度を低減することができる。基本照明は、夜間は表3.9に示す値の1/2、深夜は1/4程度に調光することを基本とする。ただし、その場合でも平均路面輝度は0.7 cd/m<sup>2</sup>以上、総合均斉度は0.4以上とするが、できるだけ高く維持することが望ましい。

LED照明の調光は一般的にモジュール制御装置の調光機能により可能であり、制御設備（制御線等）を考慮すると共に、プログラム制御方式等も含めて総合均斉度等に優れた最適な調光制御方式を検討するものとする。

**3.2.6 照明設計**

LEDトンネル照明の設計は、「設置基準・同解説」に基づき、性能指標（規定値）及び推奨値を所定の計算方法により算出し、経済性等を総合的に勘案し、照明施設を決定するものである。各照明施設の一般的な設計手順を以下に示す。

3.2.6.1 基本照明の設計手順

基本照明は、施設整備計画に基づき、合理的かつ経済的な照明施設の設計を行うものとする。

1. 基本照明の設計手順

基本照明の設計手順を図3.15に示す。



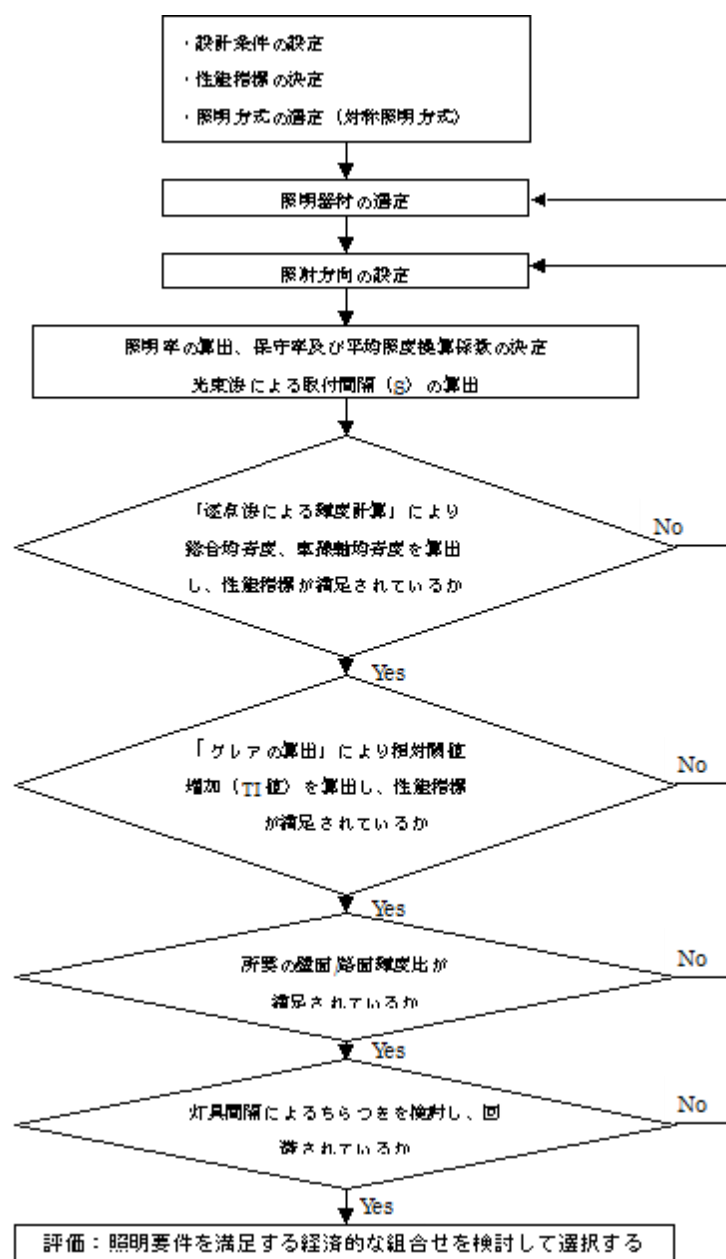


図3.15 基本照明の設計手順

## 2. 照明計算（光束法）

光束法はトンネル照明の概略設計段階で、LED照明の適応性確認、灯具間隔の設定などに用いることを目的とする。LED照明の場合は灯具の性能や配光などが製造者により異なるため、最終的な照明設計は逐点法により行わなければならない。

### (1) 設計条件の設定

設計条件となる設計速度及び路面の種類を設定する。

### (2) 性能指標の設定

3.2.1.1「性能指標の決定」にしたがい、設計速度により各性能指標の規定値を設定

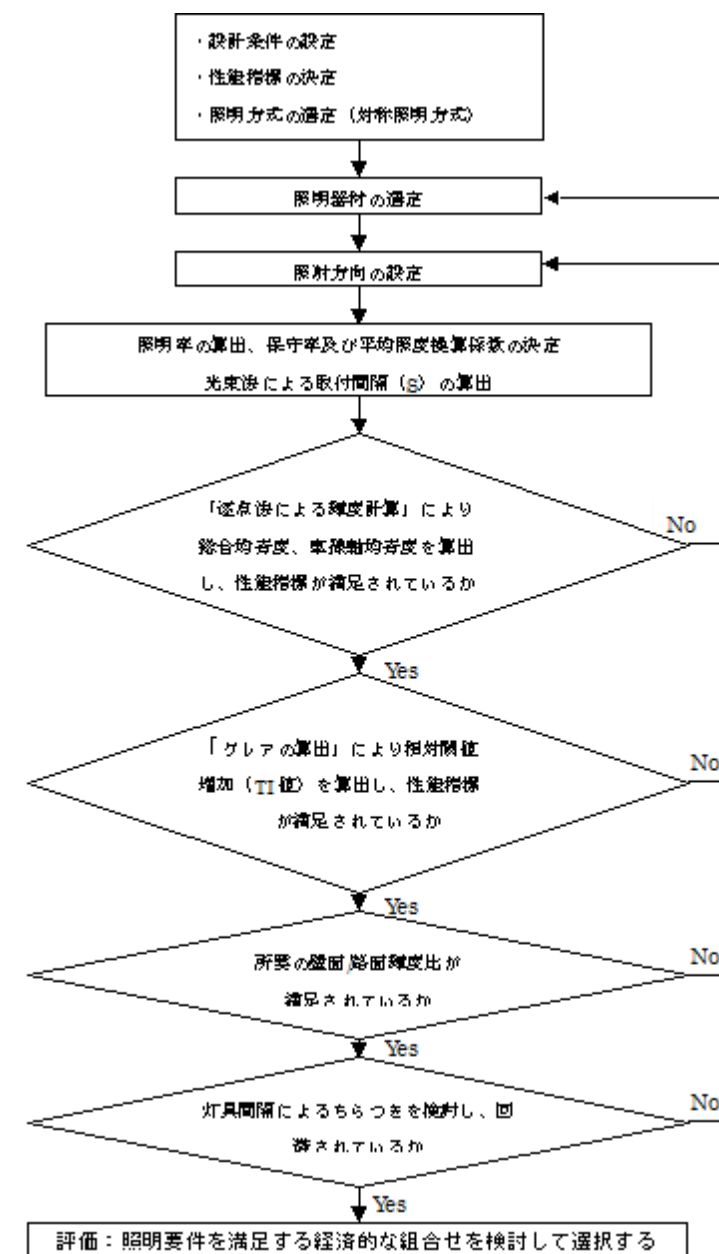


図3.15 基本照明の設計手順

## 2. 照明計算（光束法）

基本照明の平均路面輝度及び灯具間隔の計算は光束法より求める。

~~光束法はトンネル照明の概略設計段階で、LED照明の適応性確認、灯具間隔の設定などに用いることを目的とする。LED照明の場合は灯具の性能や配光などが製造者により異なるため、最終的な照明設計は逐点法により行わなければならない。~~

### (1) 設計条件の設定

設計条件となる設計速度及び路面の種類を設定する。

### (2) 性能指標の設定

する。

(3) 照明器材の選定

HID照明の場合は照明器材の選定によって設計上の定格光束及び照明率を設定することが可能であるが、LED照明の場合は灯具が特定できない設計時点で定格光束や照明率の設定が困難である。

光束法におけるトンネル基本部の照明設計は基本的に道路の連続照明と同じ計算式を用いており、トンネル条件において路面輝度を確保するための、所要光束Fr は、定格光束F と路面の照明率Uを乗じた値 (Fr=F×U) を満足する照明灯具を選定する必要がある。

しかし、トンネル照明の設計はトンネル条件で標準的灯具間隔を規定することが難しく、当該照明灯具の定格光束と算定される照明率から灯具間隔S を算出するが多い。

したがって、光束法ではトンネル照明灯具を設定し、定格光束及びトンネル条件によって算出される照明率により、当該灯具における灯具間隔の算出することとなり、照明灯具毎に算出される灯具間隔と灯具の性能やコストを含めて全体として最も適切で有利な照明灯具を選定することが原則である。

実証実験におけるLED トンネル照明灯具の定格光束は3,200lm～8,600lm 程度であり、(5)3) に示す標準的照明率又は当該灯具の特性とトンネル条件で算定される照明率及び所要路面輝度から、概略の灯具間隔を算定することができる。

ここでは個別LED照明灯具の定格光束及び照明率が明確になっている場合における光束法による照明計算を行うものである。

(4) 灯具配置の決定

灯具配置は、3.2.1.2「灯具の配置」に基づき決定する。

(5) 照明設計

1) 計算式

照明計算は、3.1.3.1 2 (5)「照明設計」の(3.1-1)式に示す計算式を基にした光束法により行う。

$$L_r = \frac{F \cdot U \cdot M \cdot N}{S \cdot W \cdot K} \dots\dots\dots (3.1-1)$$

ここで L<sub>r</sub> : 平均路面輝度 (cd/m<sup>2</sup>)

F : 定格光束 (lm)

U : 照明率

M : 保守率

N : 配列係数 (片側配列・中央配列・千鳥配列N=1、向合せ配列N=2)

S : 灯具間隔 (m)

3.2.1.1「性能指標の決定」にしたがい、設計速度により各性能指標の規定値を設定する。

(3) 照明器材の選定

照明器材は、4.4「LEDトンネル照明器具」及び4.5「トンネル照明用LEDモジュール・LEDモジュール用制御装置」に示す所定の性能を満足するものを選定する。

(4) 灯具配置の決定

灯具配置は、3.2.1.2「灯具の配置」に基づき決定する。

(5) 照明設計

1) 計算式

照明計算は、3.1.3.1 2 (5)「照明設計」の(3.1-1)式に示す**光束法の計算式により行う。**

W : 道路幅員 (m)

K : 平均照度換算係数 (lx/cd/m<sup>2</sup>)

2) 平均照度換算係数

平均照度換算係数は表3.15を標準とする。

表3.15 平均照度換算係数 (lx/cd/m<sup>2</sup>)

| 照明方式 \ 舗装種別 | コンクリート | アスファルト |
|-------------|--------|--------|
| 対称照明        | 13     | 18     |

3) 照明率

トンネル照明において従来の照明器具は照明率曲線から①路面、壁面及び天井面の照明率を換算して車道の照明率を求めると共に、②壁面照度を算定し③輝度比を求めている。

考え方は以下の通りであり、LED トンネル照明の場合でも直射照明率曲線やトンネルの壁面条件が明確な場合は同様の計算により照明率を求める。

① 路面

3.16に示す断面のトンネルにおける照明率の計算は、車道幅員 (W) に対して次の式で求める。

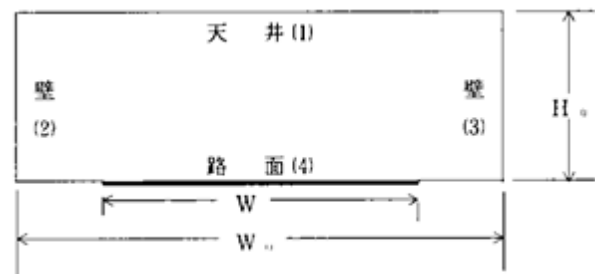


図3.16 トンネル断面

全路面 (W<sub>0</sub>) の照明率

$$U_4 = A_{41} \cdot U_{10} + A_{42} \cdot U_{20} + A_{43} \cdot U_{30} + A_{44} \cdot U_{40} \cdots (3.2.6-1)$$

車道 (W) の照明率

$$U_4' = U_{40}' + (W/W_0) \times (U_4 - U_{40}) \cdots (3.2.6-2)$$

ここに、

W<sub>0</sub> : 路面全幅員 (m)

W : 車道幅員 (m)

A<sub>41</sub> : 照明率を求めるための係数 (天井面)

2) 平均照度換算係数

平均照度換算係数は表3.16を標準とする。

表3.16 平均照度換算係数 (lx/cd/m<sup>2</sup>)

| 照明方式 \ 舗装種別 | コンクリート | アスファルト |
|-------------|--------|--------|
| 対称照明        | 13     | 18     |

3) 照明率

LEDトンネル照明においても従来灯具同様に直射照明率曲線から①路面、壁面及び天井面の照明率を換算して車道の照明率を求めると共に、②壁面照度を算定し③輝度比を求める。

~~トンネル照明において従来の照明器具は照明率曲線から①路面、壁面及び天井面の照明率を換算して車道の照明率を求めると共に、②壁面照度を算定し③輝度比を求めている。~~

~~考え方は以下の通りであり、LED トンネル照明の場合でも直射照明率曲線やトンネルの壁面条件が明確な場合は同様の計算により照明率を求める。~~

① 路面

図3.16に示す断面のトンネルにおける照明率の計算は、車道幅員 (W) に対して次の式で求める。

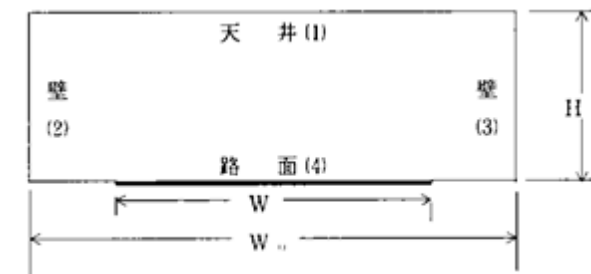


図3.16 トンネル断面

全路面 (W<sub>0</sub>) の照明率

$$U_4 = A_{41} \cdot U_{10} + A_{42} \cdot U_{20} + A_{43} \cdot U_{30} + A_{44} \cdot U_{40} \cdots (3.2.6-1)$$

車道 (W) の照明率

$$U_4' = U_{40}' + (W/W_0) \times (U_4 - U_{40}) \cdots (3.2.6-2)$$

ここに、

W<sub>0</sub> : 路面全幅員 (m)

W : 車道幅員 (m)

A<sub>41</sub> : 照明率を求めるための係数 (天井面)

$A_{42}$  : 照明率を求めるための係数 (器具に近い壁面)  
 $A_{43}$  : 照明率を求めるための係数 (器具に遠い壁面)  
 $A_{44}$  : 照明率を求めるための係数 (路面)  
 $U_{10}$  : 天井面に対する直射照明率  
 $U_{20}$  : 器具に近い壁面に対する直射照明率  
 $U_{30}$  : 器具に遠い壁面に対する直射照明率  
 $U_{40}$  : 路面全幅員に対する直射照明率  
 $U_{40}'$  : 車道幅員に対する直射照明率

路面の照明率を求めるための係数 ( $A_{41}$ 、 $A_{42}$ 、 $A_{43}$ 、 $A_{44}$ ) は、「設置基準・同解説」付表2-24から求める。

照明率 ( $U_{10}$ 、 $U_{20}$ 、 $U_{30}$ 、 $U_{40}$ 、 $U_{40}'$ ) は、使用する照明器具の直射照明率曲線から求める。

なお、コンクリート及びアスファルト舗装路面の反射率は、  
 コンクリート : 25%  
 アスファルト : 10%  
 とする。

## ② 壁面

同様に、路面上1.0mの壁面 ( $H_m$ ) に対する照明率は  
器具に近い全壁面  $H_0$  に対する照明率

$$U_2 = A_{21} \cdot U_{10} + A_{22} \cdot U_{20} + A_{23} \cdot U_{30} + A_{24} \cdot U_{40}$$

器具に遠い全壁面  $H_0$  に対する照明率

$$U_3 = A_{31} \cdot U_{10} + A_{32} \cdot U_{20} + A_{33} \cdot U_{30} + A_{34} \cdot U_{40}$$

器具に近い壁面  $H_m$  に対する照明率

$$U_2' = U_{20}' + (H_m/H_0) \times (U_2 - U_{20})$$

器具に遠い壁面  $H_m$  に対する照明率

$$U_3' = U_{30}' + (H_m/H_0) \times (U_3 - U_{30})$$

壁面の照明率 ( $U$ ) は、 $(U_2' + U_3') / 2$

ここに、

$U_{20}'$  : 器具に近い壁面  $H_m$  に対する直射照明率

$U_{30}'$  : 器具に遠い壁面  $H_m$  に対する直射照明率

壁面の照明率を求めるための係数 ( $A_{21}$ 、 $A_{22}$ 、 $A_{23}$ 、 $A_{24}$ ) は、「設置基準・同解説」付表2-24から求める。なお、 $W_0/H_0$  と反射率とがこの表に出ていない時には、比例補完して求める。

照明率 ( $U_{10}$ 、 $U_{20}$ 、 $U_{30}$ 、 $U_{40}$ 、 $U_{20}'$ 、 $U_{30}'$ ) は、使用する照明器具の直射照明率曲線から求める。

$A_{42}$  : 照明率を求めるための係数 (器具に近い壁面)  
 $A_{43}$  : 照明率を求めるための係数 (器具に遠い壁面)  
 $A_{44}$  : 照明率を求めるための係数 (路面)  
 $U_{10}$  : 天井面に対する直射照明率  
 $U_{20}$  : 器具に近い壁面に対する直射照明率  
 $U_{30}$  : 器具に遠い壁面に対する直射照明率  
 $U_{40}$  : 路面全幅員に対する直射照明率  
 $U_{40}'$  : 車道幅員に対する直射照明率

路面の照明率を求めるための係数 ( $A_{41}$ 、 $A_{42}$ 、 $A_{43}$ 、 $A_{44}$ ) は、「設置基準・同解説」付表2-24から求める。

照明率 ( $U_{10}$ 、 $U_{20}$ 、 $U_{30}$ 、 $U_{40}$ 、 $U_{40}'$ ) は、使用する照明器具の直射照明率曲線から求める。

なお、コンクリート及びアスファルト舗装路面の反射率は、  
 コンクリート : 25%  
 アスファルト : 10%  
 とする。

## ② 壁面

同様に、路面上1.0mの壁面 ( $H_m$ ) に対する照明率は  
器具に近い全壁面  $H_0$  に対する照明率

$$U_2 = A_{21} \cdot U_{10} + A_{22} \cdot U_{20} + A_{23} \cdot U_{30} + A_{24} \cdot U_{40}$$

器具に遠い全壁面  $H_0$  に対する照明率

$$U_3 = A_{31} \cdot U_{10} + A_{32} \cdot U_{20} + A_{33} \cdot U_{30} + A_{34} \cdot U_{40}$$

器具に近い壁面  $H_m$  に対する照明率

$$U_2' = U_{20}' + (H_m/H_0) \times (U_2 - U_{20})$$

器具に遠い壁面  $H_m$  に対する照明率

$$U_3' = U_{30}' + (H_m/H_0) \times (U_3 - U_{30})$$

壁面の照明率 ( $U$ ) は、 $(U_2' + U_3') / 2$

ここに、

$U_{20}'$  : 器具に近い壁面  $H_m$  に対する直射照明率

$U_{30}'$  : 器具に遠い壁面  $H_m$  に対する直射照明率

壁面の照明率を求めるための係数 ( $A_{21}$ 、 $A_{22}$ 、 $A_{23}$ 、 $A_{24}$ ) は、「設置基準・同解説」付表2-24から求める。なお、 $W_0/H_0$  と反射率とがこの表に出ていない時には、比例補完して求める。

照明率 ( $U_{10}$ 、 $U_{20}$ 、 $U_{30}$ 、 $U_{40}$ 、 $U_{20}'$ 、 $U_{30}'$ ) は、使用する照明器具の直射照明率曲線から求める。

③ 輝度比の算出

壁面を完全拡散面と仮定して壁面輝度を求める。壁面輝度比は、各値を下記の算出式 (3.2.6-3) に代入して求める。

$$L_w/L_r = K \cdot (\rho_w/\pi) \cdot (W/H_m) \cdot ((U_2' + U_3') / (2 \cdot U)) \quad \dots (3.2.6-3)$$

ここに、

$L_w$  : 平均壁面輝度 (cd/m<sup>2</sup>)

$L_r$  : 平均路面輝度 (cd/m<sup>2</sup>)

$\rho_w$  : 壁面の反射率

$\pi$  : 円周率

$W$  : 車道幅員 (m)

$H_m$  : 計算対象とする壁面高さ (m)

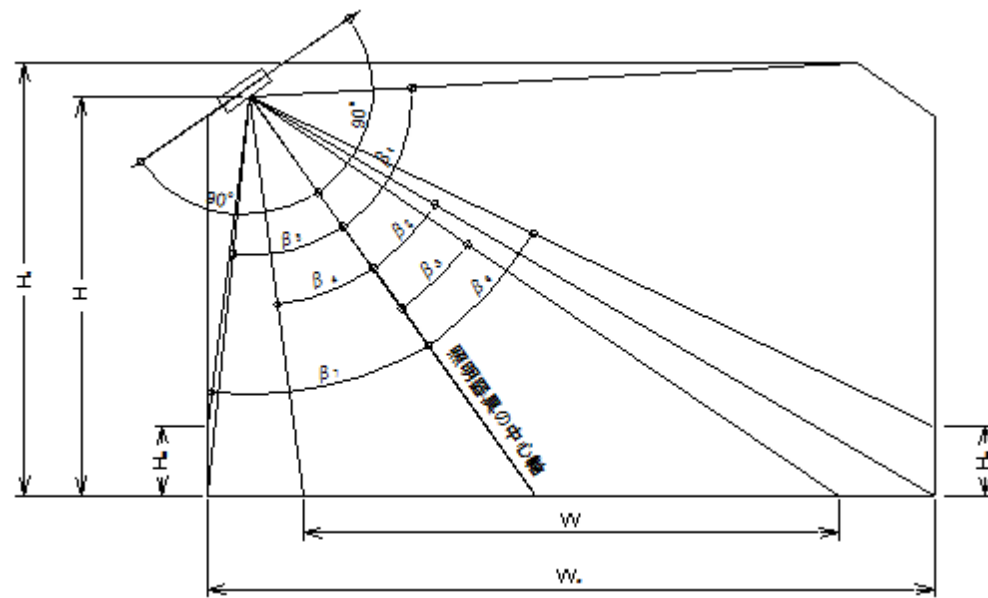
$U_2'$  : 対象壁面 $H_m$ から近い器具の照明率

$U_3'$  : 対象壁面 $H_m$ から遠い器具の照明率

$U$  : 路面の照明率

$K$  : 平均照度換算係数 (lx/cd/m<sup>2</sup>)

トンネル内に内装が施される場合は、内装の反射率、内装の高さより平均の反射率を求めて壁面と路面の輝度比を算出するものとする。内装板の標準的な反射率は60%とする。



③ 輝度比の算出

壁面を完全拡散面と仮定して壁面輝度を求める。壁面輝度比は、各値を下記の算出式 (3.2.6-3) に代入して求める。

$$L_w/L_r = K \cdot (\rho_w/\pi) \cdot (W/H_m) \cdot ((U_2' + U_3') / (2 \cdot U)) \quad \dots (3.2.6-3)$$

ここに、

$L_w$  : 平均壁面輝度 (cd/m<sup>2</sup>)

$L_r$  : 平均路面輝度 (cd/m<sup>2</sup>)

$\rho_w$  : 壁面の反射率

$\pi$  : 円周率

$W$  : 車道幅員 (m)

$H_m$  : 計算対象とする壁面高さ (m)

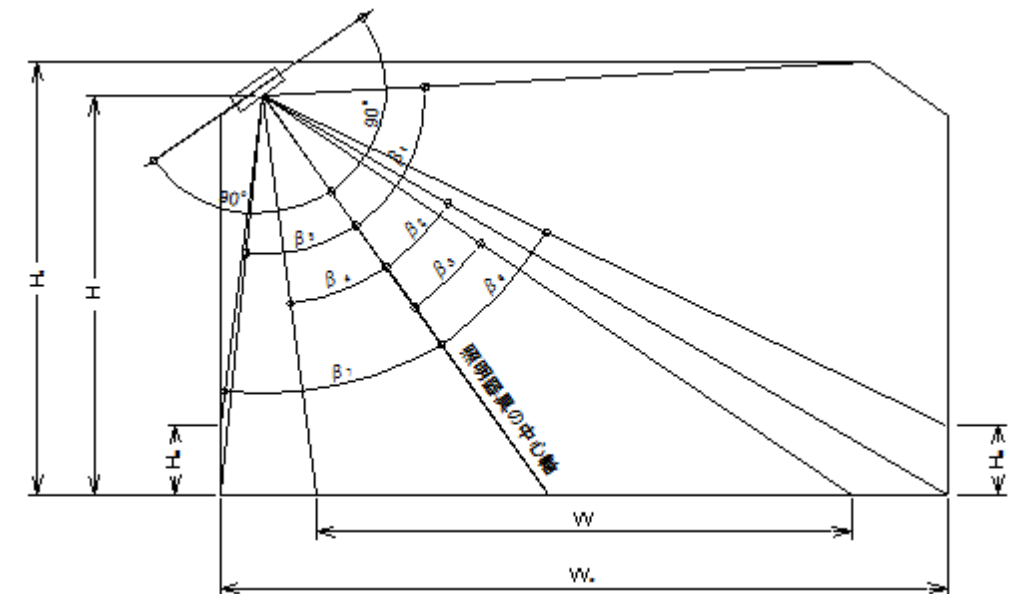
$U_2'$  : 対象壁面 $H_m$ から近い器具の照明率

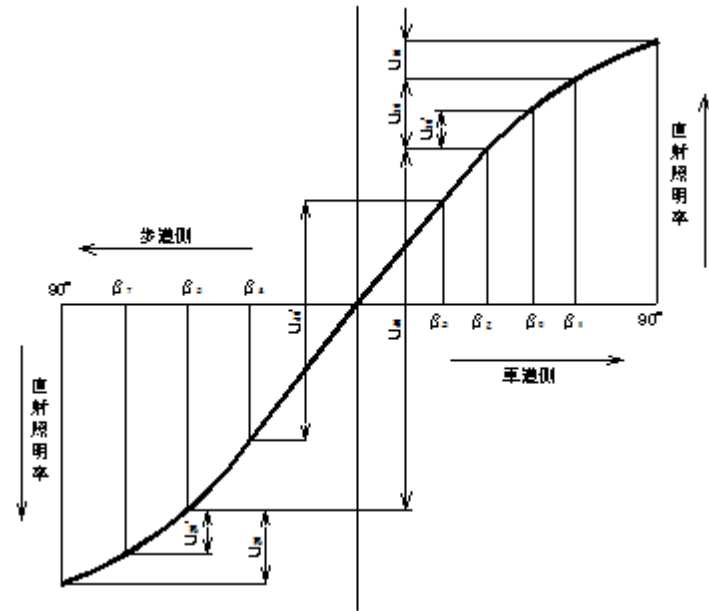
$U_3'$  : 対象壁面 $H_m$ から遠い器具の照明率

$U$  : 路面の照明率

$K$  : 平均照度換算係数 (lx/cd/m<sup>2</sup>)

トンネル内に内装が施される場合は、内装の反射率、内装の高さより平均の反射率を求めて壁面と路面の輝度比を算出するものとする。内装板の標準的な反射率は60%とする。





(b) 直射照明曲線

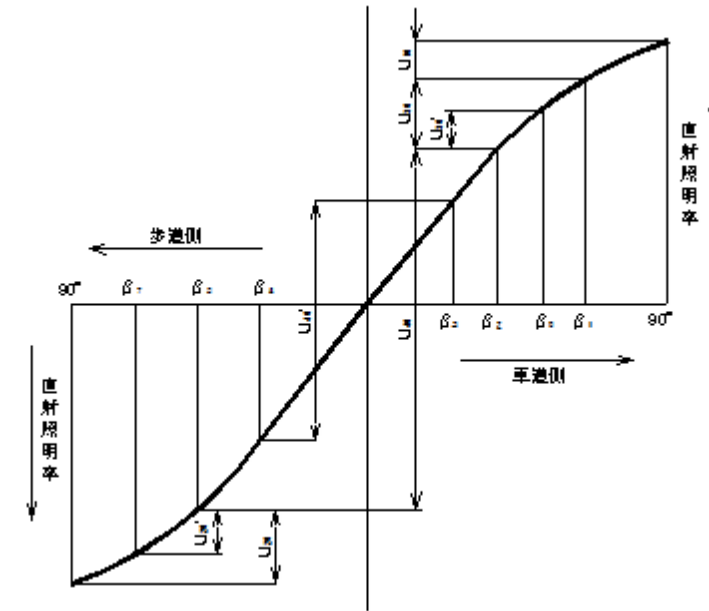
図3.17 トンネル断面と直射照明率を求めるための例

LED トンネル照明の場合もLED 道路照明と同様に、灯具の配光は製造者の設計により異なるため、設計時点で図3.17 のような標準的直射照明曲線を設定し、具体的な灯具毎の照明率を算定することは難しい。

実証実験の結果では、壁面、天井面の反射率を考慮した車道(W)の照明率は0.412～0.713 で平均0.536 であるため本ガイドライン(案)では、標準的な照明率0.54 として設定し、概略の照明設計を行う場合に適用する。

トンネル条件が特殊な場合は照明率の値を適切に変更することができるものとし、反射面の状況の悪い古いトンネルなどでは低い値とし、新設トンネルなどで内装板等が考慮されている場合は高い値として概ね0.5～0.6の間で設定の変更を可能とする。

トンネル照明灯具が特定されて、灯具の定格光束及び直射照明曲線が明確になる場合は、上述のように照射方向も考慮し路面壁面の照明率、輝度比を算出して光束法による適切な灯具間隔を算定する。最終的には、逐点法により平均路面輝度、総合均斉度、相対閾値増加などの性能指標を確認するものとする。



(b) 直射照明曲線

図3.17 トンネル断面と直射照明率を求めるための例

#### 4) 保守率

照明施設は光源の光束の低下や器具の汚れ等により、平均照度が設置当初の値より減少する。この減少の程度を設計時に見込んでおく係数が保守率である。

この減少の程度は、道路構造、交通状態、光源の交換時間、器具の清掃間隔等によって異なる。LED モジュールの定格寿命の規定において周囲温度条件を30℃としているが実環境上では30℃以下で動作することが大半であり、また初期光束補正機能を有する場合には定格電流よりも低い値で点灯することからLED モジュールの光束維持率は定格寿命において80%以上とする。

したがって、器具の汚れを考慮した器具の設計光束維持率を90%とした場合、標準的な保守率の値は0.7 となる。

トンネル内では、これに壁面反射率の低下を考慮し、日交通量に応じた保守率の標準値を表3.16 に示す。なお、道路構造や交通状況等に応じて±0.05 の範囲で選択できるものとする。

表3.16 保守率の標準値

| 日交通量                  | 保守率  |
|-----------------------|------|
| 20,000 台以上            | 0.55 |
| 10,000 台以上 20,000 台未満 | 0.60 |
| 5,000 台以上 10,000 台未満  | 0.65 |
| 5,000 台未満             | 0.70 |

#### 3.2.5.2 具体的設計手順

トンネル基本照明の設計は、発注時点でLED照明灯具の性能が応札者によって異なり、計画段階においても灯具の性能（定格光束、照明率等）が想定できないと器具間隔の算出、設定が困難である。設計段階では灯具の性能を実証実験などから想定し、標準的な光束法などで概略設計を行い他の照明機材と比較を行う。

具体的設計はトンネル照明工事の応札者が使用する照明灯具が決定し、照明灯具の定格光束及び配光（直射照明率曲線）が明確になった時点で行うものとし、3.2.5.1の光束法による計算手順と逐点法により行うものとする。

総合均斉度、車線軸均斉度、視機能低下グレアは逐点法により確認するものとし、計算ソフトはCIE Pub.30.2 -1982 に準拠するものとする。

#### 4) 保守率

照明施設は光源の光束の低下や器具の汚れ等により、平均照度が設置当初の値より減少する。この減少の程度を設計時に見込んでおく係数が保守率である。

この減少の程度は、道路構造、交通状態、光源の交換時間、器具の清掃間隔等によって異なる。LED モジュールの光束維持率は定格寿命において80%以上とし、器具の汚れを考慮した器具の設計光束維持率を90%とした場合、標準的な保守率の値は0.7 となる。

トンネル内では、これに壁面反射率の低下を考慮し、日交通量に応じた保守率の標準値を表3.16 に示す。なお、道路構造や交通状況等に応じて±0.05 の範囲で選択できるものとする。

表3.16 保守率の標準値

| 日交通量                  | 保守率  |
|-----------------------|------|
| 20,000 台以上            | 0.55 |
| 10,000 台以上 20,000 台未満 | 0.60 |
| 5,000 台以上 10,000 台未満  | 0.65 |
| 5,000 台未満             | 0.70 |

#### 3.2.6.2 入口部・出口部照明の設計手順

入口部照明は野外輝度を設定した後、所要路面輝度を満足する必要光束を算出し、光源の組合せと数量を算出して「光束法」で路面輝度を確認する。

出口部照明は、「逐点法」により所要の平均鉛直面照度を算出する。そして照明要件を満足する経済的な組合せを検討して選定する。

#### 3.2.6.3 具体的なトンネル照明設計

LEDトンネル照明の場合、製造業者等により灯具の定格光束や配光などの照明灯具の性能が異なる。設計段階において、使用する灯具が特定できない場合は、「~~LED~~器材仕様書」等を参考に設計する。

~~具体的な設計は、使用する照明灯具を選定し、照明灯具の定格光束及び配光（直射照明率曲線）が明確になった時点で行うものとし、3.2.5.1の光束法による計算手順と逐点法により行うものとする。~~

~~総合均斉度、車線軸均斉度、視機能低下グレアは逐点法により確認するものとし、計算はCIE Pub.30.2 -1982 に準拠するものとする。~~

(1) 性能指標の決定

3.2.1.1 に従い設計速度や交通量に応じて、特記仕様書で示される道路状況等に応じた性能指標を決定する。

(2) 照明方式の選定

特記仕様書で示される道路状況等に応じたトンネル基本照明部の灯具配置を3.2.1.2 の灯具配列に準じて決定する。

(3) 灯具配置の決定

灯具間隔及び照射方向について以下の手順で設計する。

① 灯具間隔の設定

灯具間隔は、概略設計として3.2.5.1 2 (5)「照明設計」の計算式を基にした光束法により算出する。その際には定格光束、配光（直射照明率曲線）などは当該照明灯具の値を用いて算出する。

算定された灯具間隔に基づき、各照明性能要件（輝度均斉度、視機能低下グレア、壁面輝度比、ちらつき）が満足されるように逐点法により検証を行うものとする。計算方法は、輝度均斉度および視機能低下グレアについては、3.1.3.1 3.照明計算（逐点法による輝度計算）、壁面輝度比については、3.2.5.1 2. (5) 3) ③（輝度比の算出）、ちらつきについては3.2.1.2「灯具の配置」により検証するものとする。

検証計算により、照明性能要件が満足されない場合は、灯具間隔の変更又は次に示す照射方向の設定の変更を行い、照明性能要件が満足されるようにフィードバックを行って、所要の照明性能要件を満足するように設計するものとする。

② 照射方向の設定

灯具間隔を設定する上で、照明性能要件が満足されない場合には、灯具の照射方向（光軸の角度）の設定を行い①のフィードバックを繰り返し、灯具間隔と合わせて照明性能要件を満足するように設計の最適化を行う。歩道を有するトンネルの場合、歩道側を照射する灯具の照射方向についても車道部とのバランスを確保しつつ同様に調整する。

③ 採用照明灯具の変更

灯具間隔及び照射方向の設定を行っても所要の照明性能要件を満足することができない場合は、照明灯具の変更（定格光束、配光の変更）を検討する。

1. 基本照明

(1) 性能指標の決定

3.2.1.1 に従い設計速度や交通量に応じて、特記仕様書で示される道路状況等に応じた性能指標を決定する。

(2) 照明方式の選定

特記仕様書で示される道路状況等に応じたトンネル基本照明部の灯具配置を3.2.1.2 の灯具配列に準じて決定する。

(3) 灯具配置の決定

灯具間隔及び照射方向について以下の手順で設計する。

① 灯具間隔の設定

灯具間隔は、~~概略設計として~~3.2.6.1 2 (5)「照明設計」の計算式を基にした光束法により算出する。使用灯具が明確な場合は、当該灯具の定格光束、配光（直射照明率曲線）値を用いて算出する。

算定された灯具間隔に基づき、各照明性能要件（輝度均斉度、視機能低下グレア、壁面輝度比、ちらつき）が満足されるように逐点法等により検証を行うものとする。計算方法は、輝度均斉度および視機能低下グレアについては、3.1.3.1 3.「照明計算（逐点法による輝度計算）」、壁面輝度比については、3.2.6.1 2. (5) 3) ③「輝度比の算出」、ちらつきについては3.2.1.2 3「灯具の間隔」により検証するものとする。

検証計算により、照明性能要件が満足されない場合は、灯具間隔の変更又は次に示す照射方向の設定の変更を行い、照明性能要件が満足されるようにフィードバックを行って、所要の照明性能要件を満足するように設計するものとする。

② 照射方向の設定

灯具間隔を設定する上で、照明性能要件が満足されない場合には、灯具の照射方向（光軸の角度）の設定を行い①のフィードバックを繰り返し、灯具間隔と合わせて照明性能要件を満足するように設計の最適化を行う。歩道を有するトンネルの場合、歩道側を照射する灯具の照射方向についても車道部とのバランスを確保しつつ同様に調整する。

③ 採用照明灯具の変更

灯具間隔及び照射方向の設定を行っても所要の照明性能要件を満足することができない場合は、照明灯具の変更（定格光束、配光の変更）を検討する。



|  |   |
|--|---|
| <p>(4) 設計の手順</p> <p>基本設計段階、発注段階の照明設計及び発注図書の作成においては、具体的な照明灯具の定格光束及び配光（直射照明率曲線）が明確になっていないため、光束法においても3.2.5.1 2 (5)照明設計における定格光束、照明率に関しては想定値として設定することになる。定格光束及び照明率に関しては本ガイドライン(案)による他、技術動向などを勘案して適切な値により設計することを可能とし、算定結果は発注者として設定照明灯具における標準的な灯具間隔とすることができる。</p> <p>実際には、トンネル毎に設計条件が異なるため、本ガイドライン(案)によるLED照明の標準的設計を用いてLED照明以外の光源との概略比較設計を行いライフサイクルコストも含めて、LED照明が優位と判断される場合には、個別に詳細な検討を行って特記仕様書などの発注図書を作成することになり、特記仕様書における照明性能要件（仕様）は性能規定とし、性能指標を規定するものとする。</p> <p>入札契約段階では応札者は、発注図書及び本ガイドライン(案)に基づき応札に使用する照明灯具の定格光束、照明率などの値を基に、当該灯具及び配置設計が最終的に逐点法によって照明性能要件を満足することを確認し、技術資料として提出するものとする。</p> <p>また、トンネル条件、工事条件などから必要に応じて、詳細設計付工事や高度技術提案型工事などにより工事の発注を行うことも可能とする。</p> | <p>2. 入口部・出口部照明</p> <p>入口部照明及び出口部照明の具体的な設計は、「設置基準・同解説」及び「設計要領」によるものとする。</p> |
|  |   |