

トンネル照明設備のコスト縮減について

—片側照明配列の採用検討—

小樽開発建設部 施設整備課 ○芝山 義一
田村 雅嗣
七尾 理恵

トンネルの照明設備はトンネル両側に配列するのが一般的である。しかし、今般、交通量の少ないトンネルで片側配列での設置を試みた。このことによる利用者への影響およびライフサイクルコストの低減について検討したので概要を報告する。

キーワード：ライフサイクルコスト、設計・施工、省エネルギー

1. はじめに

小樽開発建設部では、令和4年度に一般国道229号西の河原トンネル及び大天狗トンネル照明設備の老朽化に伴い更新工事を施工した。写真-1に更新の対象である西の河原トンネル坑口の全景を示す。

当初の計画では照度低下をさせず既設照明設備と同様に千鳥配列により更新する計画であったが、現地での条件確認調査の結果、道路の幅員が狭く交通量が少ない等の状況であったため、既設と同様の設備で過大な設計とならないよう、千鳥配列を更新の原則とした上で片側配列や中央配列とすることが可能か検討した。この検討結果について報告する。

2. トンネル照明施設の概要

トンネル照明は、トンネル進入時及び進入後における交通の安全や円滑化を図るための設備であり、良好な視環境を確保することを目的としている。

トンネル照明設備の構成を大別すると対面通行のトンネルの場合は「基本照明」と「入口照明」、「接続道路照明」に分けられる。それぞれの機能・役割を整理すると表-1の通りとなる。



写真-1 西の河原トンネル (国道229号、KP 55.1)

表-1 トンネル照明の機能・役割

	概要
基本照明	トンネルを走行するドライバーが前方の障害物を安全な距離から視認するために必要な明るさを確保するための照明であり、トンネル全長に渡って、灯具を原則として一定間隔に配置する照明のことである。
入口照明	昼間においてドライバーがトンネルに近接する際に生じる急激な輝度の変化と進入後から起きる目の順応の遅れを緩和するための照明である。
接続道路照明	夜間においてトンネル入口付近の幅員の変化やトンネル内から出口に続く道路の状況を把握させるための照明である。

3. トンネル照明設備の更新計画の整理

西の河原トンネル及び大天狗トンネルの当初の更新計画について整理する。当該既設照明設備は、ナトリウム灯を用いて千鳥配列で設置している。これら一式を撤去して、LED灯に更新する計画であった。

(1) 既設及び新設の照明設備の整理

既設及び新設する照明設備について整理する。

既設の基本照明設備はナトリウム灯「NX35」であった。新設する照明設備は道路・トンネル照明器材仕様書に基づきLED灯「KWE060BL」となる。主な仕様の比較は表-2に示す。

4. トンネル照明設備の設計手順

トンネル照明施設の設計は、電気通信施設設計要領（電気編）に準拠し、下記の設計手順で実施する。

- (1) トンネル施設整備計画の前提条件
トンネルの形状・構造、交通条件
- (2) 基本照明設計
照明方式の選定、照明機材の選定、照明設計
- (3) 入口照明設計
照明方式の選定、照明機材の選定、照明設計
- (4) 特殊構造部の照明設計
- (5) 停電時照明の検討
- (6) 接続道路の照明設計
- (7) 照明の運用方針
- (8) 配線設計

本課題となるトンネル照明設備の配置・コストの検討に関しては(1) トンネル施設整備計画の前提条件、(2) 基本照明設計、(3) 入口照明設計、(8) 配線設計が主な項目となることから、この検討概要を抜粋する。

表-2 トンネル照明設備の仕様比較

	型式	光束	寿命	消費電力
既設	NX35	4600(lm)	9000(時間)	57(W)
新設	KWE060BL	6300(lm)	90000(時間)	40(W)

表-3 トンネルの諸条件

	延長	設計速度	交通量
大天狗トンネル	638.5(m)	60(km/h)	341(台/日)
西の河原トンネル	1833.5(m)	60(km/h)	341(台/日)

5. トンネル施設整備計画の前提条件

西の河原トンネル及び大天狗トンネルのトンネルの諸条件を表-3に示す。

6. 基本照明の設計検討

前項のトンネル施設整備計画の前提条件で整理した結果を考慮し、必要となる路面の明るさ（路面輝度）はLED 道路・トンネル照明導入ガイドライン及び道路・トンネル照明器材仕様書に基づき、表-4の通りとする。

この表の数値を満足するよう照明の配置設計検討を進める。

(1) 配列の検討（千鳥配列）

図-1のとおり千鳥配列は左右の側壁に交互に灯具を配置することにより路面輝度が均一になるようにする。既設照明灯具の台数はナトリウム灯で西の河原トンネルは163台、大天狗トンネルは58台だったが、LED灯の再配置により西の河原トンネルは83台、大天狗トンネルは30台にすることが可能となった。

(2) 配列の検討（中央配列）

図-2のとおり中央配列は道路中心部の天井に一列に配置することにより路面輝度が道路上下線とも均一になるようにする。LED灯の灯数は千鳥配列と同数である西の河原トンネルで83台、大天狗トンネルで30台である。しかし、照明設備障害時の対応を行う場合、作業範囲が道路の上下線にかかってしまうことから、トンネルを通行止めにする必要があり保守性に難点がある。

表-4 路面輝度

昼	夜	深夜
1.15(cd/m ²)	1.15(cd/m ²)	0.7(cd/m ²)

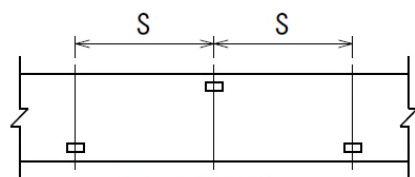


図-1 千鳥配列の模式図

(3) 配列の検討 (片側配列)

図-3のとおり片側配列は左右どちらかの側壁に配置することにより路面輝度が均一になるようにする。LED灯の灯数は千鳥配列と同数である西の河原トンネルで83台、大天狗トンネルで30台である。中央配列のような保守性に関する難点はない。

7. 入口照明の設計検討

5項のトンネル施設整備計画の前提条件で整理した結果の他に野外輝度を考慮し、必要となる路面の明るさ(路面輝度)はLED道路・トンネル照明導入ガイドラインに基づき、表-5及び表-6に示す。

入口照明はトンネルと野外の境界部から徐々に輝度を落とし、緩和部終点でトンネル内の路面輝度と合致するように設計検討する。照明曲線の例を図-4に示す。

また、基本照明と同様に照明の配置設計検討を進める。

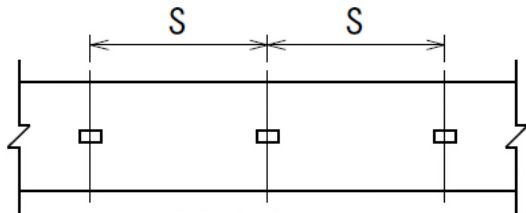


図-2 中央配列の模式図

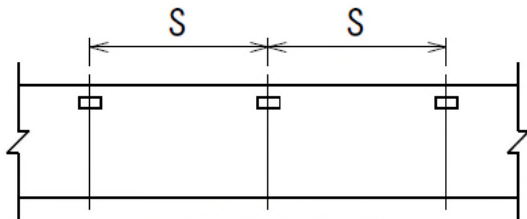


図-3 片側配列の模式図

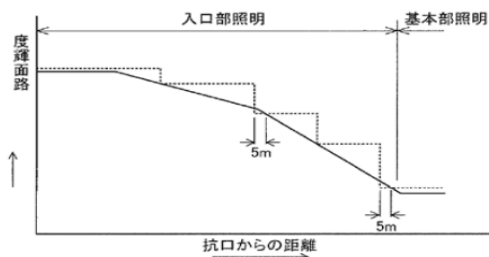


図-4 入口部の照明曲線

(1) 配列の検討 (千鳥配列)

基本照明と同様に左右の側壁に配置する。既設照明灯具の台数はナトリウム灯で西の河原トンネルで102台、大天狗トンネルは68台だったが、LED灯の再配置により西の河原トンネルで50台、大天狗トンネルで52台にすることが可能となった。

(2) 配列の検討 (片側配列)

これも基本照明で設計した側の側壁に配置する。LED灯の灯数は千鳥配列より少数で西の河原トンネルで44台、大天狗トンネルで45台である。

8. 配線設計

電気通信施設設計要領・同解説(電気編)や内線規程に基づいて設計する。標準となるものはないが、昼間・夜間の照度の変更や入口部の消費電力などを考慮に入れ、それぞれの配列で検討を進める。

(1) 千鳥配列の配線

千鳥配列の左右の側壁に交互に照明が配置されているため、左右それぞれに配線が必要となる。配線内容を表-7に示す。

表-5 大天狗トンネルの入口路面輝度

	野外輝度	路面輝度	
		境界部始点	緩和部終点
起点	2700 (cd/m ²)	23.73 (cd/m ²)	1.15 (cd/m ²)
終点	2900 (cd/m ²)	25.48 (cd/m ²)	1.15 (cd/m ²)

表-6 西の河原トンネルの入口路面輝度

	野外輝度	路面輝度	
		境界部始点	緩和部終点
起点	2600 (cd/m ²)	22.85 (cd/m ²)	1.15 (cd/m ²)
終点	2800 (cd/m ²)	24.61 (cd/m ²)	1.15 (cd/m ²)

表-7 千鳥配列の配線内容

用途	本数
基本照明用電源線	2系統
入口照明用電源線	4系統

(2) 片側配列の配線

片側配列の左右のどちらかの側壁に照明が配置されているため、左右どちらかのみ配線が必要となる。配線内容を表-8に示す。

そのため、千鳥配列と比べ単純に半分の配線で整備が可能となる。

9. コスト比較検討

(1) 初期コスト比較検討

初期コストを比較検討した結果を表-9及び表-10に示す。

それぞれの比較をした照明の灯具での差は大きくないが、配線類にかかる費用は約半分となり、初期コスト縮減に繋がる結果となった。

(2) 運用コスト比較検討

運用コストを比較検討した結果を表-11及び表-12に示す。

LED灯具での消費電力の差はないため、配列による運用コストの縮減には繋がらない結果となった。

表-8 片側配列の配線内容

用途	本数
基本照明用電源線	1系統
入口照明用電源線	1系統
調光用制御線	1系統

表-9 大天狗トンネルの初期コスト比較

	千鳥配列	片側配列	比較
基本照明	30(台)	30(台)	
	5,252(千円)	5,252(千円)	±0
入口照明	52(台)	45(台)	
	11,150(千円)	10,170(千円)	-980
配線類	6系統	3系統	
	15,700(千円)	7,850(千円)	-7,850
差額合計			8,830(千円)

表-10 西の河原トンネルの初期コスト比較

	千鳥配列	片側配列	比較
基本照明	83(台)	83(台)	
	14,500(千円)	14,500(千円)	±0
入口照明	50(台)	44(台)	
	10,810(千円)	9,980(千円)	-830
配線類	6系統	3系統	
	29,440(千円)	14,720(千円)	-14,720
差額合計			15,550(千円)

10. 注意点

(1) 配光遮蔽の影響

片側配列の場合、片側の側壁から配光するため照明の配置されている路線側に大型車両が通過した場合、配光遮蔽が発生し必要な路面輝度が十分に得ることができない可能性がある。(図-5)

しかし、当該トンネルにおいては交通量が341台/日と非常に少なく、大型車両による影響は少ないと判断出来るため、交通に影響はないものとして考えている。

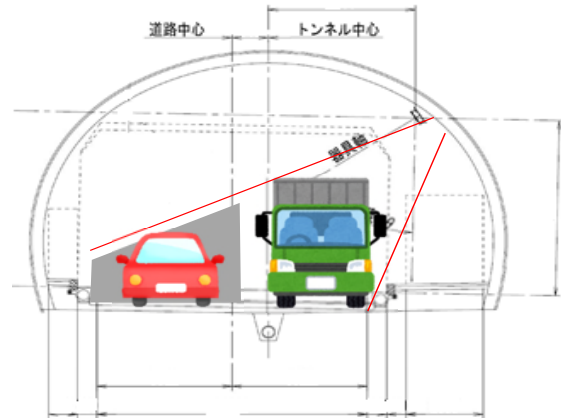


図-5 配光遮蔽の分布

表-11 大天狗トンネルの運用コスト比較

	千鳥配列	片側配列	比較
基本照明	30(台)	30(台)	
	16,000(kW)	16,000(kW)	
年間消費電力	290(千円)	290(千円)	±0
	差額合計		
入口照明	52(台)	45(台)	
	29,450(kW)	28,834(kW)	
年間消費電力	533(千円)	522(千円)	-11

注) 電力料金はH28.4時点での計算

表-12 西の河原トンネルの運用コスト比較

	千鳥配列	片側配列	比較
基本照明	83(台)	83(台)	
	44,265(kW)	44,265(kW)	
年間消費電力	802(千円)	802(千円)	±0
	差額合計		
入口照明	50(台)	44(台)	
	28,941(kW)	28,439(kW)	
年間消費電力	524(千円)	515(千円)	-9

注) 電力料金はH28.4時点での計算

(2) 電気系障害時の保守性

片側配列の場合、照明の電源線は1系統のみである。電源線等に障害が発生した場合、千鳥配列と違い片側のみ点灯されるという場合はない。(図-6)

しかし、LED照明灯には停電用バッテリーが内蔵しており、電源線等の障害が短時間であれば影響は少ないものとして考えている。

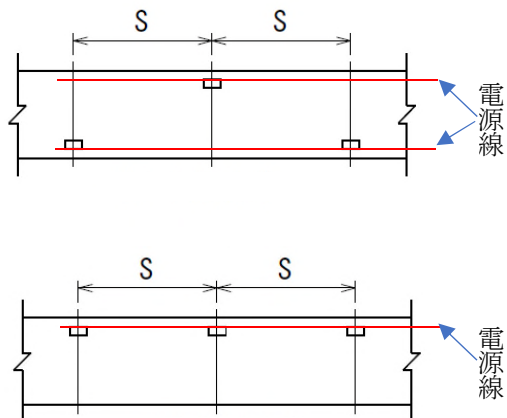


図-6 電源線の概要

1.1. まとめ

政府は 2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラルを目指すことを宣言している。本検討はコスト縮減だけではなく、使用する照明や材料を最小限にすることにより環境への配慮もできるのではないかと考えている。

今後もトンネル照明において片側配列は有効な選択肢として考えていきたい。

(参考文献)

- 1) 公益社団法人日本道路協会 道路照明施設設置基準・同解説 平成19年度版
- 2) 一般社団法人建設電気技術協会 電気通信施設設計要領・同解説(電気編) 平成29年度版
- 3) 国土交通省 LED道路・トンネル照明導入ガイドライン(案) 平成26年度版
- 4) 一般社団法人建設電気技術協会 道路・トンネル照明器材仕様書 平成30年度版