

# 山岳トンネルと 都市型トンネルにおける 照明の改修計画と詳細設計

日本設計株式会社 湯川貴司

## 発表内容

1. 概要
2. トンネルの現況
3. 設計手順
4. 現地踏査
5. 計画に必要な条件・資料
6. トンネル照明の計画
7. 照明設計図
8. 注意点・課題点

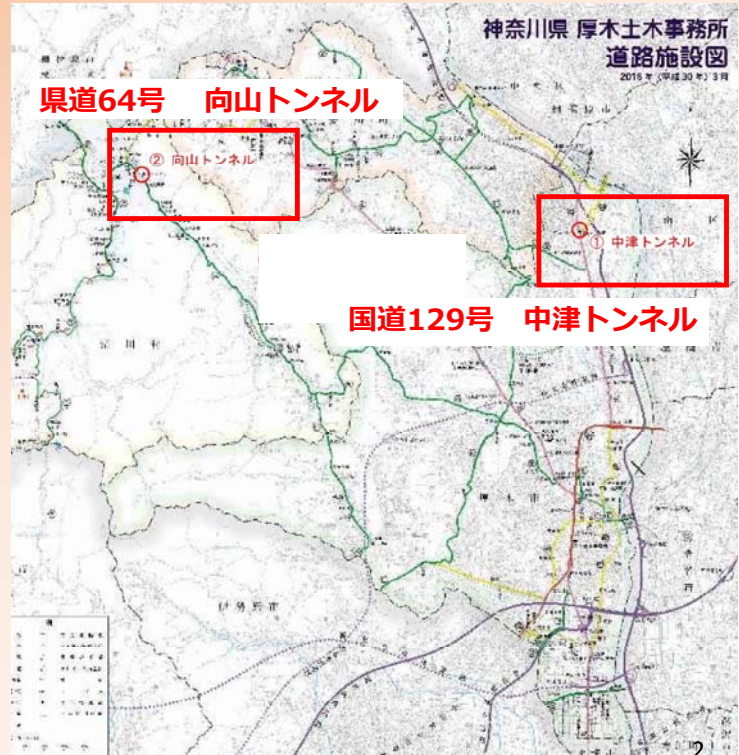
# 1. 概要

神奈川県厚木土木事務所管内の、山岳トンネルと都市型トンネルにおける照明設備の改修設計を行った。

目的は、水銀灯からLEDへの切り替えによる照明器具の配置検討とその詳細設計である。

## 対象トンネル

- ・ 国道129号 中津トンネル  
(厚木市上依知(かみえち))
- ・ 県道64号 向山トンネル  
(愛甲郡清川村宮ヶ瀬)



- ・ 県道64号 向山トンネル  
山岳トンネル 対面通行 L=194m  
設計速度40km/h 交通量3,837台/12h



- ・ 国道129号 中津トンネル  
都市型トンネル 上下線分離  
片側L=130m (計 L=260m)  
設計速度40km/h 交通量28,536台/12h

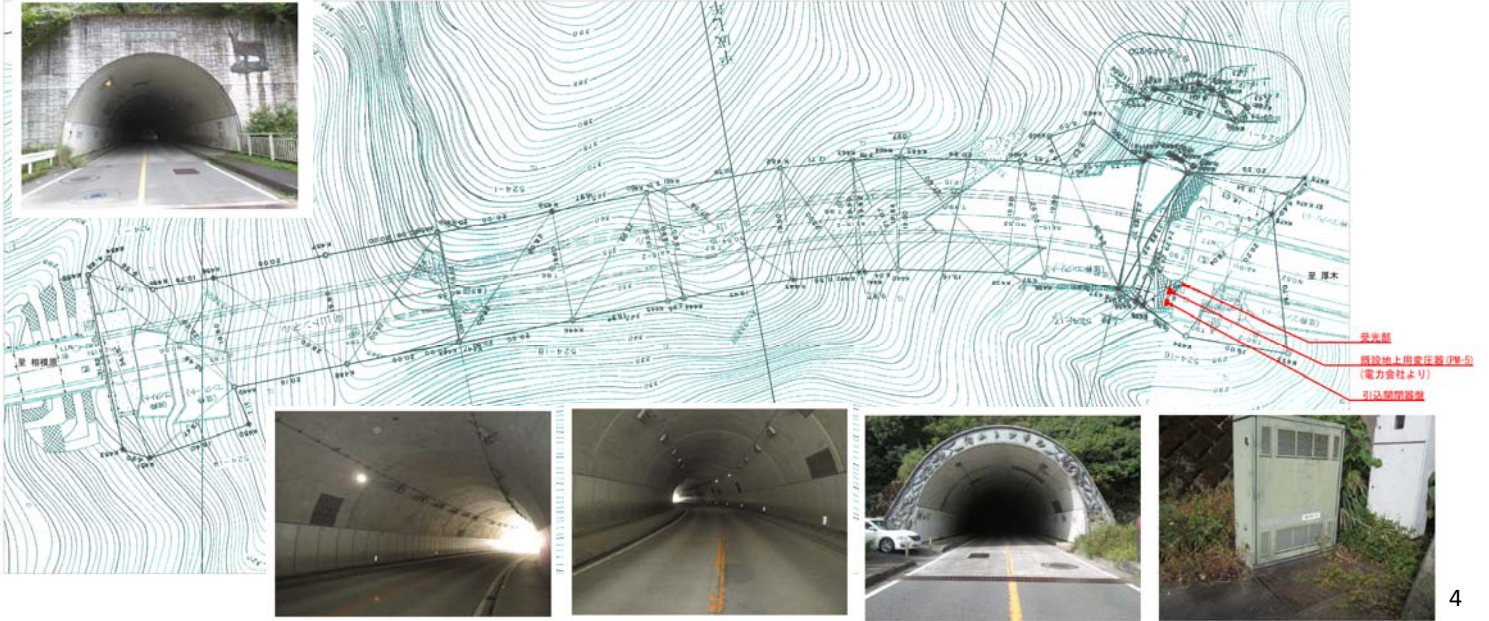


## 2. トンネルの現況

(1) 向山トンネル 対面通行 L=194m  
(片側1車線 上下2車線) 設計速度40km/h

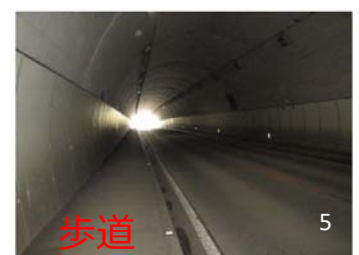
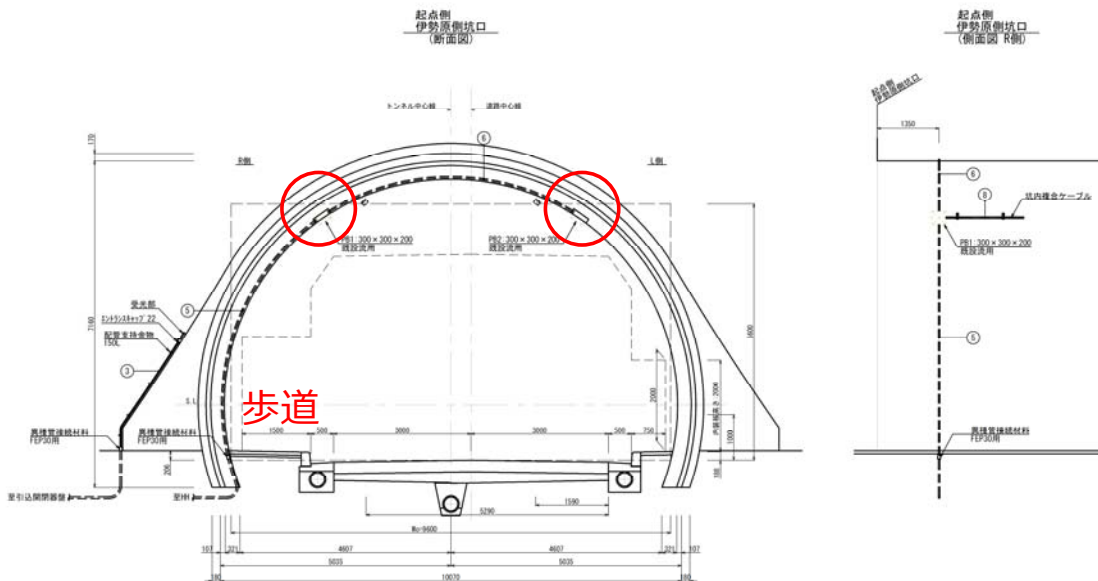
終点側  
津久井側

起点側  
伊勢原側



4

## 向山トンネル 断面形状 (赤丸は照明位置)



歩道

5

(2) 中津トンネル 上下別線 (片側L=130m 計 L=260m)  
 (片側2車線 計4車線) 設計速度60km/h

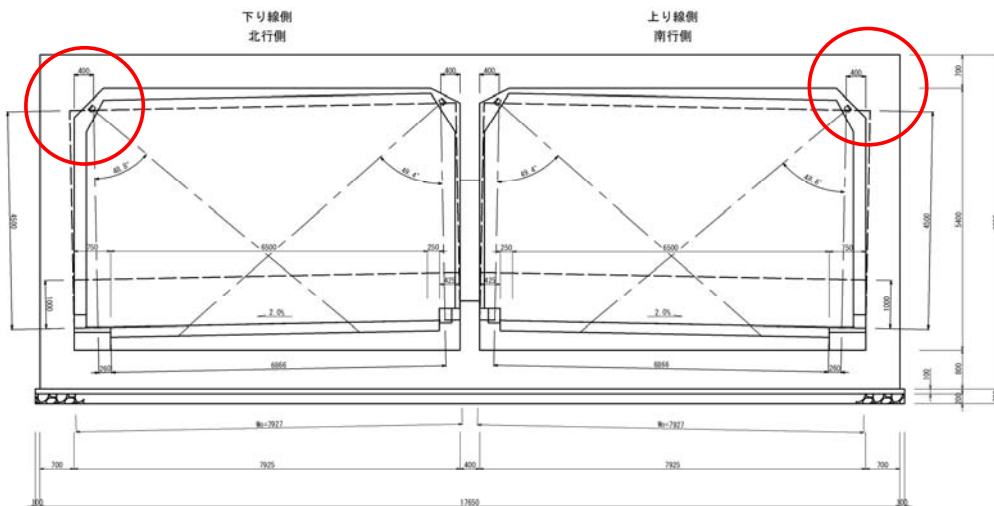
終点側 (相模原側)

起点側 (厚木側)



中津トンネル 断面形状 (赤丸は照明位置)

基本照明



### 3. 設計手順

(1) 計画準備

業務計画策定（業務計画書の作成）

(2) 現地踏査

トンネル形状、照明器具、電力設備等の確認、交通状況の確認

(3) 基本方針・基本条件の策定

資料収集、道路幾何構造の整理、照明取付位置確認、照明規格・照度の確認

(4) 詳細照明計画

路面輝度の算出

入口・出口照明、停電時照明計画

照度計算、電力設備の配置、配線計画

(5) 照明設計図・数量計算書の作成 概算工事費の算定

(6) 照査

(7) 報告書作成



### 4. 現地踏査

#### 向山トンネル

○坑口状況（起点側）



○照明器具状況



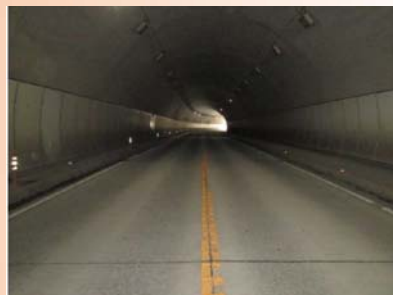
○坑内状況



○坑口状況（終点側）



○路面状況



○電力設備（引込開閉器盤等）



# 中津トンネル

○坑口状況（起点側）



○坑内状況



○照明器具状況



○坑口状況（終点側）



○路面状況



○電力設備状況（引込開閉器盤等）



10

## 坑口手前の 写真を撮る

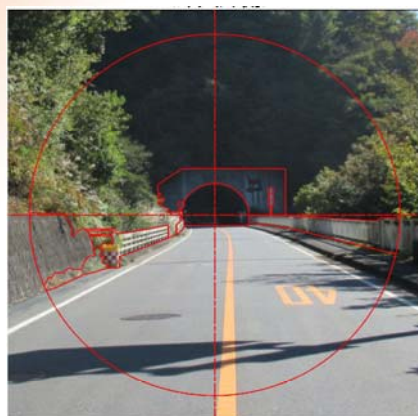
### ○入口部照明設計の

野外輝度を求めるため

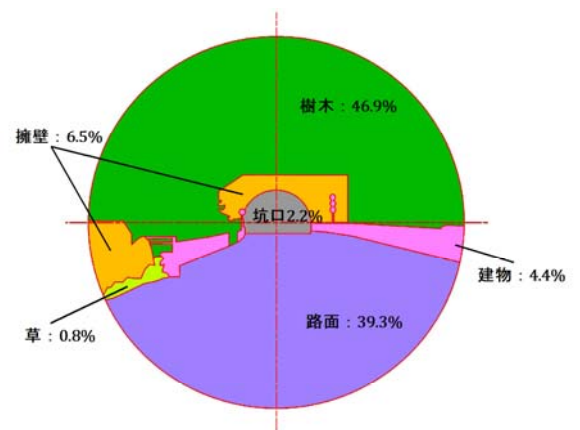
→ 坑口手前150mの写真  
を撮影する

→ トンネルの入口を中心  
とした視角20度の視野範囲  
を対象とする。

## 向山トンネル 終点側<津久井側>



視角20度視  
150 m手前より望む（約φ52.9m）



終点側 **津久井側** 坑口方位：北西

	天空輝度 $L_s$	路面輝度 $L_r$	坑口周辺の輝度 $L_e$				坑口 $L_h$
			擁壁	樹木	建物	草	
部分輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	10,500	3,750	2,000	1,500	2,500	2,000	0
面積比	0.0%	39.3%	6.5%	46.9%	4.4%	0.8%	2.2%
野外輝度 (L <sub>20</sub> ) = 2430.59(cd/m <sup>2</sup> )							

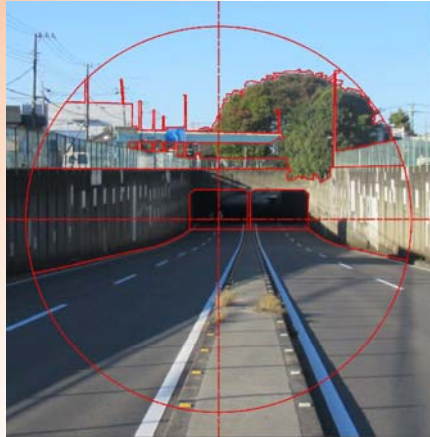
以上の結果より、

$L_{20} = 2430.59$  (cd/m<sup>2</sup>)

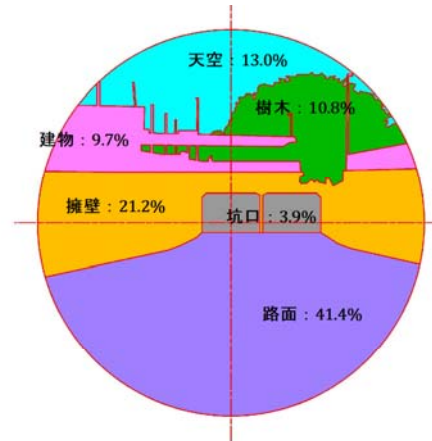
→ 十の位を四捨五入... **2,400** (cd/m<sup>2</sup>)

11

## 中津トンネル 起点側<厚木側>



視角20度視  
150 m手前より望む (約φ52.9m)



①、②より野外輝度を求める。

起点側  厚木側  坑口方位：南

部分輝度 (cd/m)	天空輝度 $L_s$	路面輝度 $L_r$	坑口周辺の輝度 $L_e$				坑口 $L_h$
			擁壁	樹木	建物	草	
	7,000	3,000	3,000	2,000	4,000	2,000	0
	13.0%	41.4%	21.2%	10.8%	9.7%	0.0%	3.9%
野外輝度 ( $L_{20}$ ) = 3392.64(cd/m)							

以上の結果より、

$$L_{20} = 3392.64 \text{ (cd/m)}$$

→ 十の位を四捨五入… **3,400 (cd/m)**

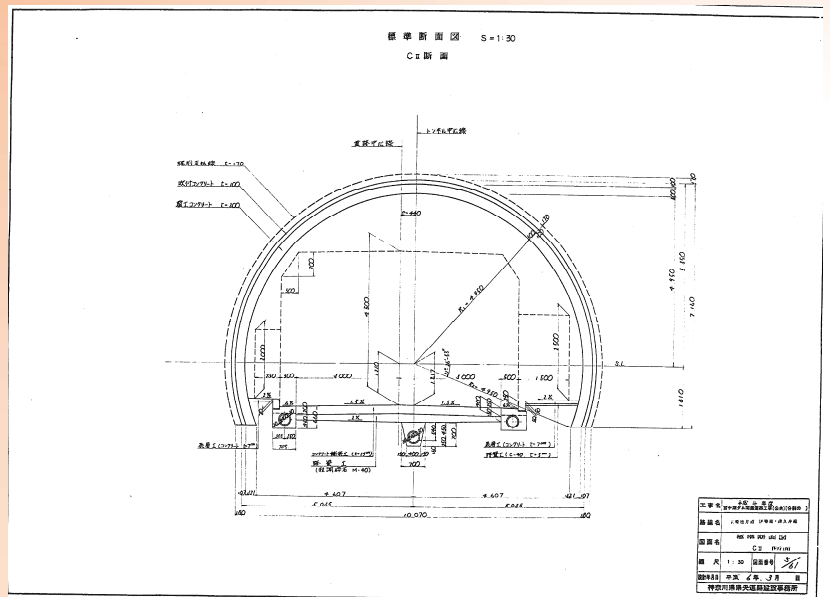
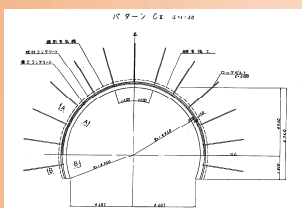
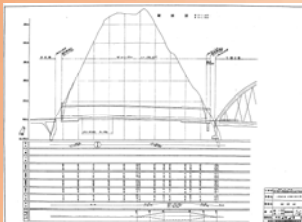
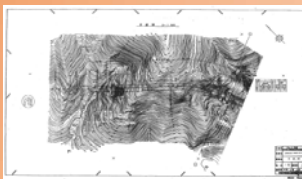
12

## 5. 計画に必要な資料収集・条件整理

### ○トンネル設計図

#### ①資料収集

(貸与資料を基に  
トンネルの現状を  
整理する。)

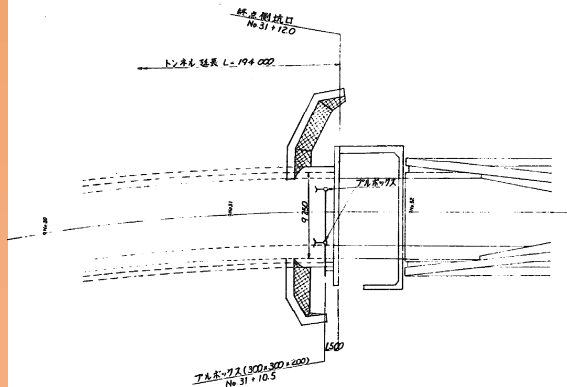


# ○トンネル設計図 電力設備関係の図面

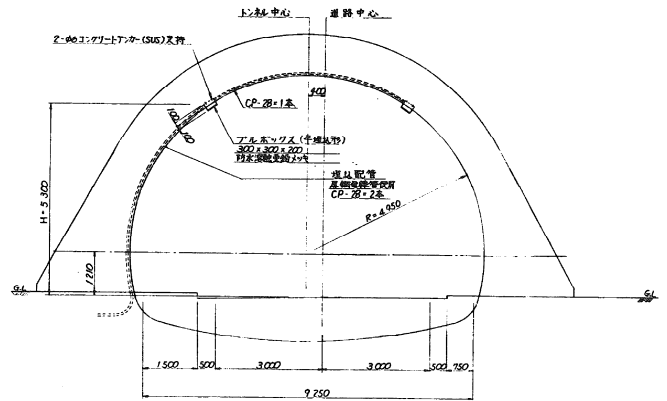
○欲しい図面は  
電力設備関係の図面  
照明設備の図面

## 坑口配線図

坑口平面図 s=1/200  
(終点側)



坑口面壁図 s=1/200  
(終点側)

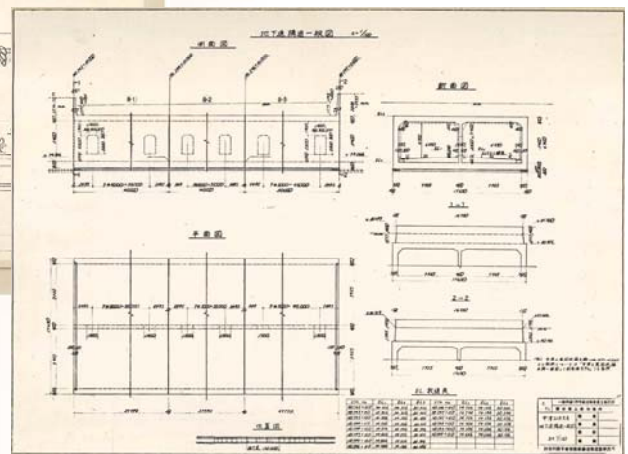
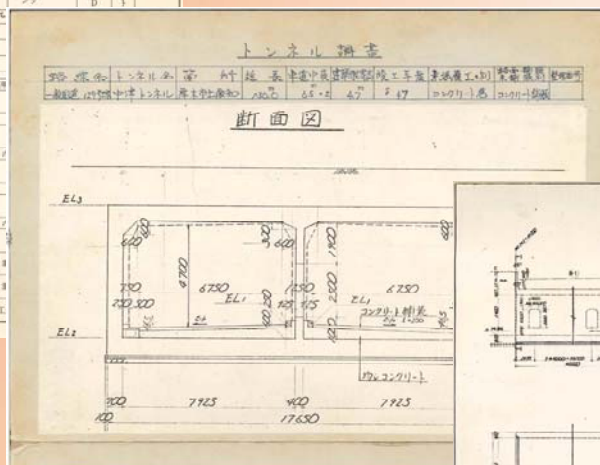


注) 電力、ガス配管は 400・400・100 とする。

# ○トンネル調査

○欲しい情報は、  
現況の照明設備の配置状況など

No.	1	中津トンネル	道路種別	一般道	道路番号	129号線	所在地	厚木市上飯知
延長	1,330.0m	全中 車道 歩道	幅員 6.5x2 4.5x0	建設 年度 4.7	道路 区分	種別	完成 年度 昭和47年	交通 量 22,277台/12h
構造	コンクリート	舗装 種類 Co As Co+As	舗装厚 20	特 種 有 無	その他 事項	排水 設備	非常用 施設 設置基準 コンタ	A B C D
縦断勾配	起点側→ 全長L=1,330.00m							
竣工	竣工年度 インポート等区間延長							
施設	照明設備	照明設備	一般照度	一般器具型式	器具配列状況	点検頻度		
設備	換気設備	換気方式	送風機台数	その他				
状況	非常警報装置	点滅式標示	非常信号標示	サイレン	文字による標示	その他		
状況	通報装置	非常用電話	押しボタン通報	通報方法及び設置場所				
状況	消火設備	種別	型式	設置箇所数	貯水容量	その他		
設置費	1/50,000							





## ○トンネル点検結果

○欲しい情報は、  
現況の照明設備の配置状況  
など

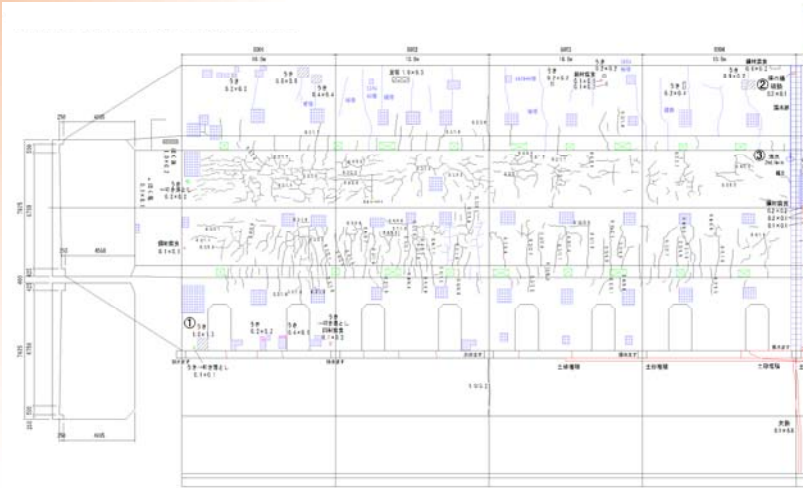


表 4.3 中津トンネル(下り)診断結果

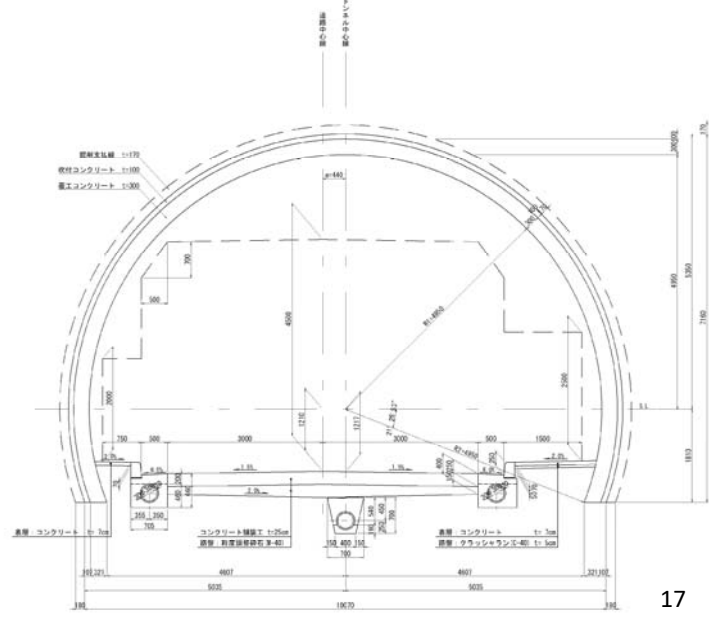
管工の番号	管 注 意												管工の健全性の判定				トンネルの健全性			
	対照区分の判定						変状等の健全性の判断(判定単位)						管工の健全性の判定		健全性					
	外力	材質劣化	漏水	変状	その他	その他	外力	材質劣化	漏水	変状	その他	その他	健全性	健全性						
PS																				
S1				1	7															
S2																				
S3				4																
S4				4	2					4	2									
S5				5																
S6				7																
S7				1	4															
S8				1	1	2	1				2	3								
S9				5																
S10																				
S11				2																
S12																				
S13				1																
PE																				
計	0	0	0	0	0	0	38	0	0	4	1	0	0	0	0	0	43	0	0	5

- ②道路幾何構造の整理 (道路規格、設計速度、計画交通量等)
- ③トンネルの断面確認、トンネル照明の取付位置の確認

## ○向山トンネル

- (1) 向山トンネル
  - a) 路線名 県道 64 号
  - b) 所在地 神奈川県愛甲郡清川村宮ヶ瀬
  - c) トンネル名称 向山トンネル
  - d) トンネル延長 194m
  - e) 構造諸元 内空断面 幅 W=9.900m, 高さ H=6.760m, 延長 L=194.0m  
山岳トンネル (覆工厚 t=300~350mm)
  - f) 横断面構成幅員 車道 7.0m, 歩道 2.25m (歩道+調査廊)
  - g) 舗装 C o 舗装
  - h) 設計速度 40km/h
  - i) 計画交通量 4,835 台/日
  - j) 交通方式 対向 2 車線
  - k) トンネル仕上げ 天井: コンクリート(反射率 25%)  
壁面: 内装板あり・高さ 0.25~3.8m (反射率: 60%)  
路面: コンクリート舗装(反射率 25%)
  - l) 幅員構成 下図参照

図 向山トンネル断面図

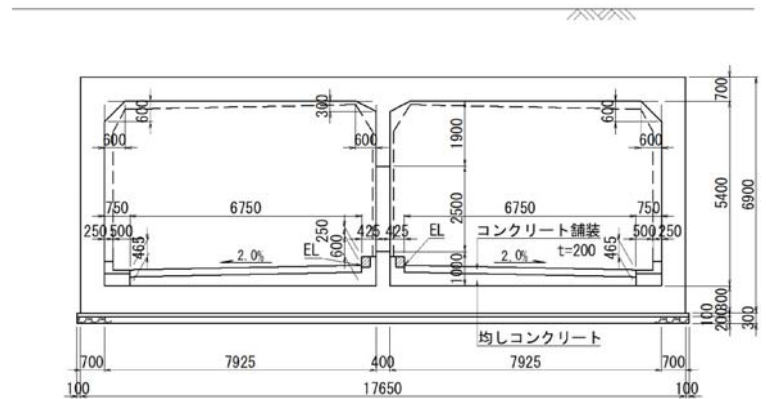


## ○中津トンネル

### (1) 中津トンネル

- a) 路線名 国道 129 号
- b) 所在地 神奈川県厚木市上依知
- c) トンネル名称 中津トンネル
- d) トンネル延長 260m (130m×2)
- e) 構造諸元 内空断面 幅 W=7.925m, 高さ H=5.400m  
延長 L=360.0m (上下線形), カルバートトンネル
- f) 横断面構成幅員 車道 6.5m (片側)
- g) 舗装 コンクリート舗装 (半たわみ舗装)
- h) 設計速度 60km/h
- i) 計画交通量 39,700 台/日
- j) 交通方式 対向 2 車線 (上下線別)
- k) トンネル仕上げ 天井: コンクリート(反射率 25%)  
壁面: 内装板あり・高さ 1.0~4.8m (反射率: 60%)  
路面: コンクリート舗装(反射率 25%)
- l) 幅員構成 下図参照

図 中津トンネル断面図



18

## ④照度計算・照明率の検討

### ①基本照明設計条件

- 1) 平均路面輝度 ←設計速度高いほど、平均路面輝度は高く
- 2) 灯具の高さ ←トンネル断面図より決定
- 3) 灯具の配列 千鳥配列とする
- 4) 灯具間隔 ←ちらつき防止のため、  
設計速度高いほど、灯具間隔は長く  
坑口より 5 m以内に第 1 灯目を配置
- 5) 灯具配置

### ②入口部照明の設置条件

- 1) 入口部照明の設置 50m以上のトンネルに設置
- 2) 入口部照明の調光段階 ←設計速度と交通量より決定
- 3) 入口部照明曲線 ←路面輝度、野外輝度、調光段階より決定

### ③出口部照明の設置条件

- 1) 出口部照明の設置 設計速度80km/h以上  
野外輝度5000cd/m<sup>2</sup>以上  
トンネル延長400m以上

向山トンネル、中津トンネル  
共に出口部照明は設置しない



19

# 向山トンネル 基本照明設計条件

表 照明率・壁面輝度比 計算結果(下り線)

分類	灯具種別	照明率	壁面輝度比
			壁面
基本照明部	KAE030BLS-J	0.466	1.514
入口照明部	KAE035BS-J-D	0.490	1.506
	KAE070BS-J-D		
	KAE100BS-J-D		
	KAE150BS-J-D		

(1) 光束法による灯具間隔の算出

灯具間隔は、式 3-1 を変形した式 3-8 により計算する。

$$S = \frac{F \times U \times N \times M}{W \times K \times L} \dots\dots\dots (3-8)$$

ここで S : 灯具の間隔 (m)

- F : ランプ光束 3,500
- U : 照明率 0.466
- M : 保守率 0.7
- N : 配列係数 1(千鳥配列)
- L : 基本照明基準輝度 0.75 cd/m<sup>2</sup>
- W : 車道幅員 6.0 m
- K : 平均照度換算係数 13 lx/cd/m<sup>2</sup>

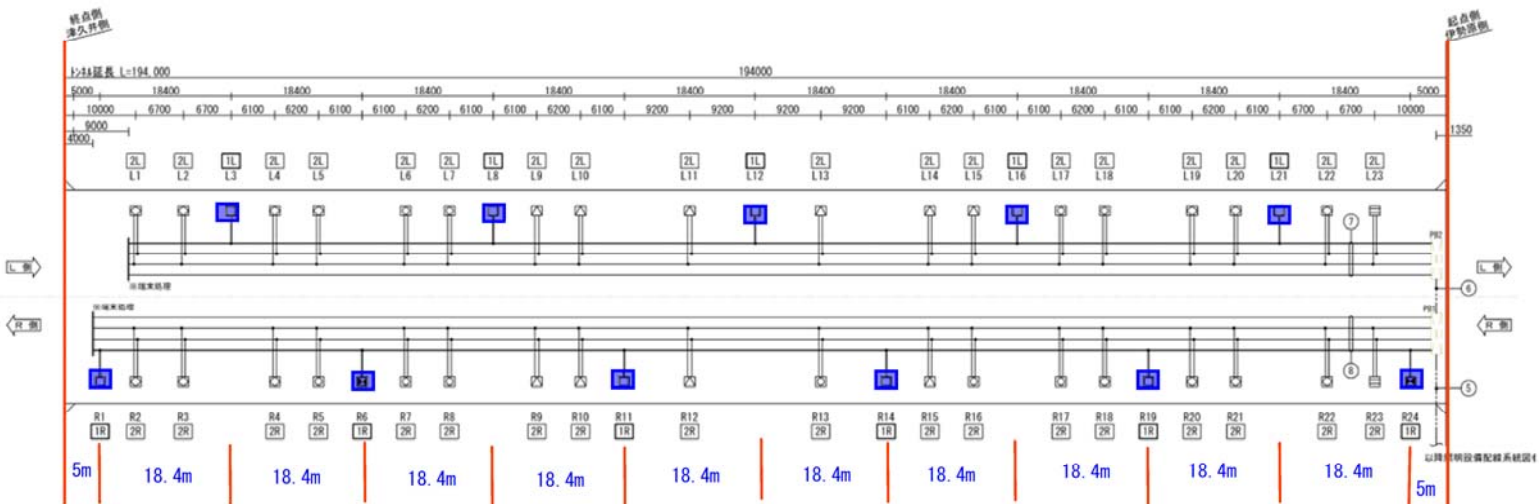
式 3-8 に各値を代入すると、

$$S = \frac{3,500 \times 0.466 \times 1 \times 0.7}{6.0 \times 13 \times 0.75} = 19.5\text{m 以下}$$

基本照明 1 台目を 5 m以内に設置するため、灯具間隔は **18.4m** となる。

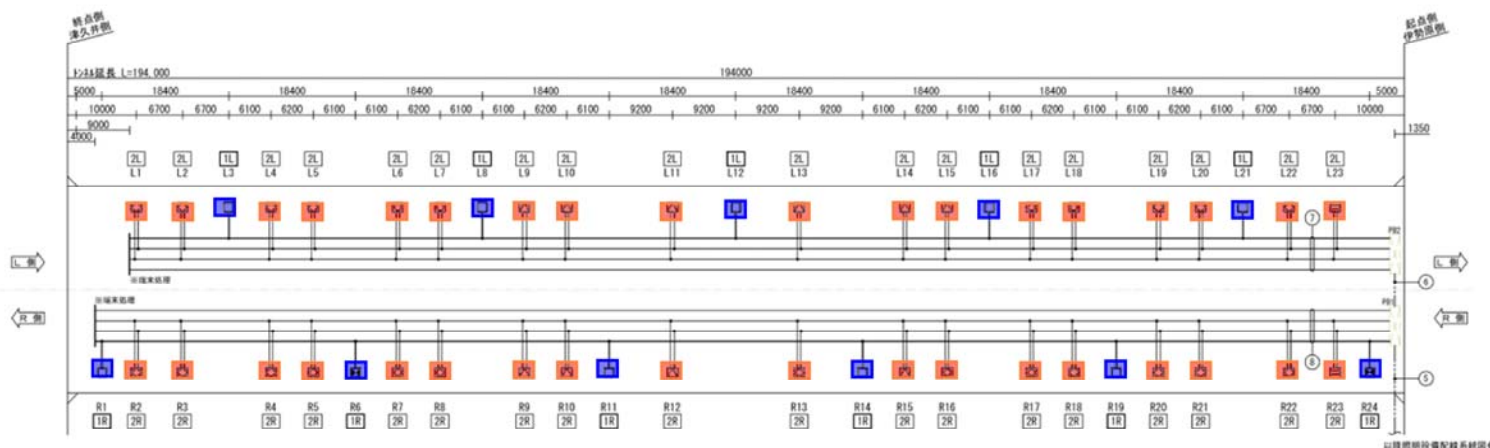
## 向山トンネル 照明配置 【基本照明：■】

- ・ 坑口より 5 m以内に第 1 灯目を配置
- ・ 千鳥配置する (今回設計)



## 向山トンネル L=194m 照明配置

【基本照明：■ 入口照明：■ 6.7~6.1mピッチ】



- 入口照明：■
- ・坑口より10m入ったところから配置
  - ・入口照明曲線を満足するように、基本照明の間に4灯以上配置

## 中津トンネル 基本照明設計条件

表 照明率・壁面輝度比 計算結果

分類	灯具種別	照明率	壁面輝度比	
			左壁面	右壁面
基本照明部	KAE090BLS-J-D	0.546	0.708	0.708
入口照明部	KAE350BS-J-D	0.556	0.720	0.723
	KAE300BS-J-D			
	KAE250BS-J-D			
	KAE200BS-J-D			

### (1) 光束法による灯具間隔の算出

灯具間隔は、式 3-1 を変形した式 3-8 により計算する。

$$S = \frac{F \times U \times N \times M}{W \times K \times L} \quad \dots \dots \dots (3-8)$$

ここで S：灯具の間隔 (m)

- F：ランプ光束 9,000
- U：照明率 0.546
- M：保守率 0.55
- N：配列係数 1(千鳥配列)
- L：基本照明基準輝度 2.3 cd/m<sup>2</sup>
- W：車道幅員 6.5 m
- K：平均照度換算係数 13 lx/cd/m<sup>2</sup>

式 3-8 に各値を代入すると、

$$S = \frac{9,000 \times 0.546 \times 1 \times 0.55}{6.5 \times 13 \times 2.3} = 13.90 \text{ m 以下}$$

基本照明 1 台目を 5m 以内に設置するため、灯具間隔は 13.5m となる。

### (2) 逐点方による輝度計算

(4)で求めた灯具間隔を上限とし、性能指標(輝度均斉度, 相対閾値増加)を満足する灯具間隔を逐点法により計算した結果、灯具間隔 S=13.5m で基準を満足する。

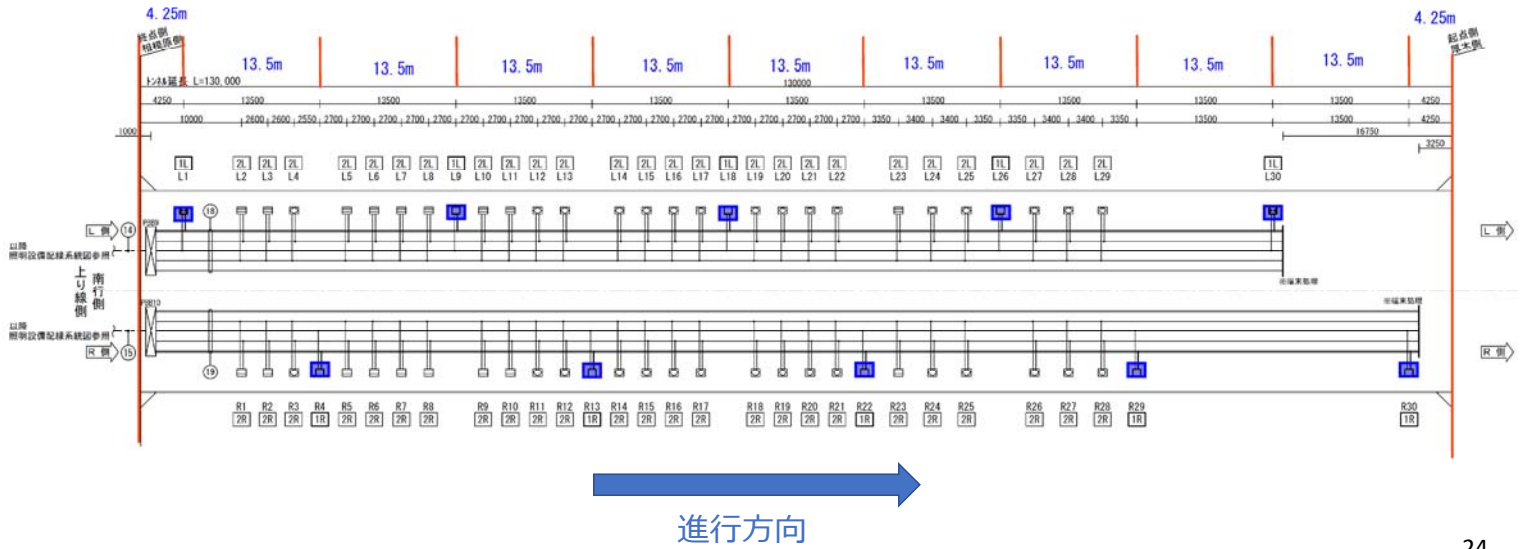
灯具間隔は、13.5m とする。

## 中津トンネル（上り線）

L=130m

【基本照明： ■ 】

- ・ 坑口より5m以内に第1灯目を配置
- ・ 千鳥配置する（今回設計）

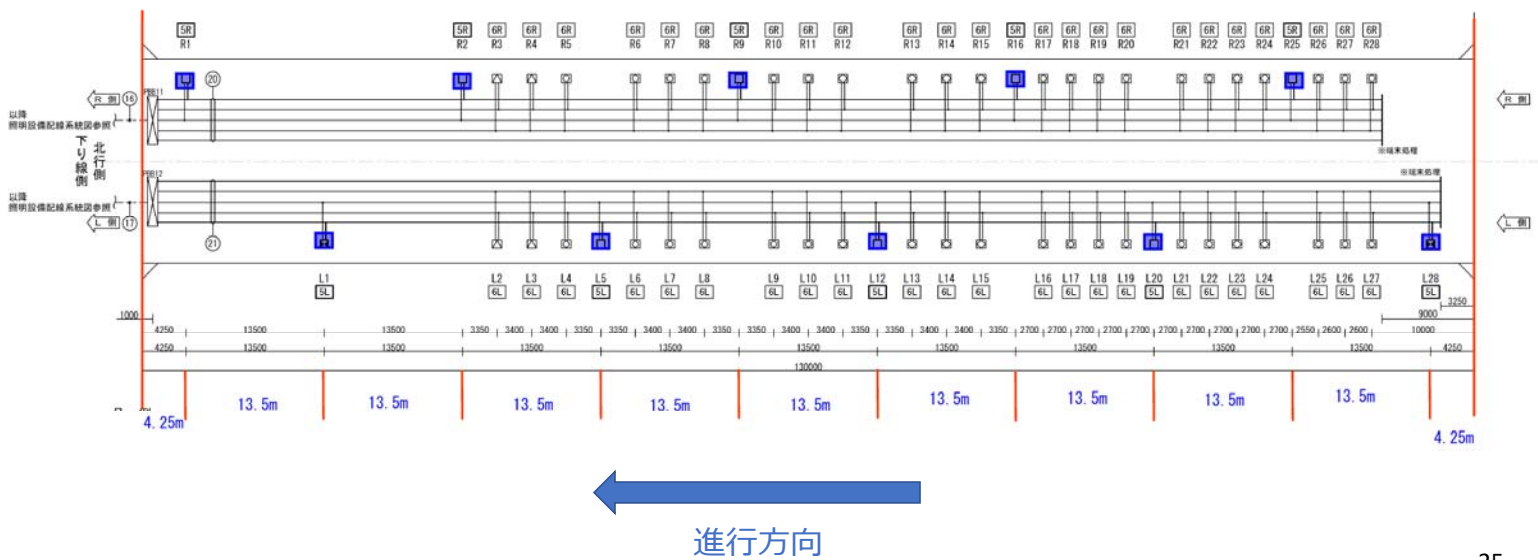


24

## 中津トンネル（下り線）

L=130m

【基本照明： ■ 】



25

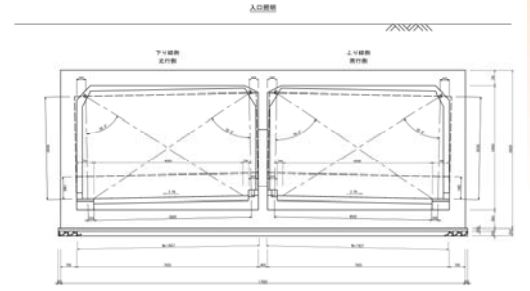
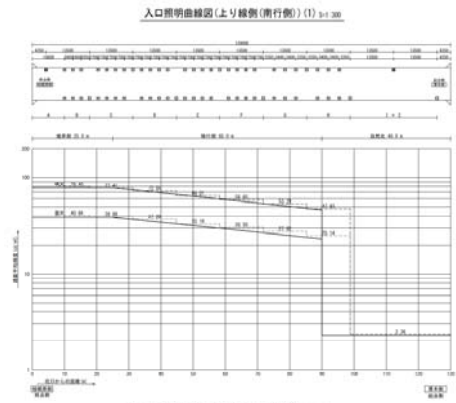




# 中津トンネル 入口照明曲線図

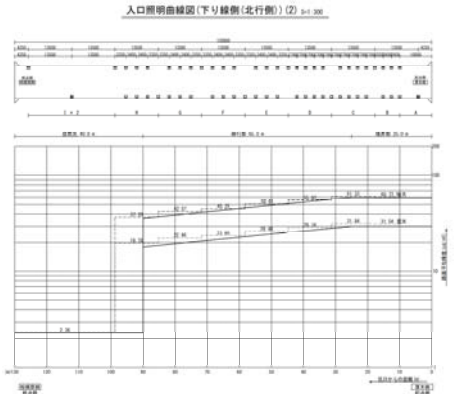
中津トンネル（上り線）

進行方向



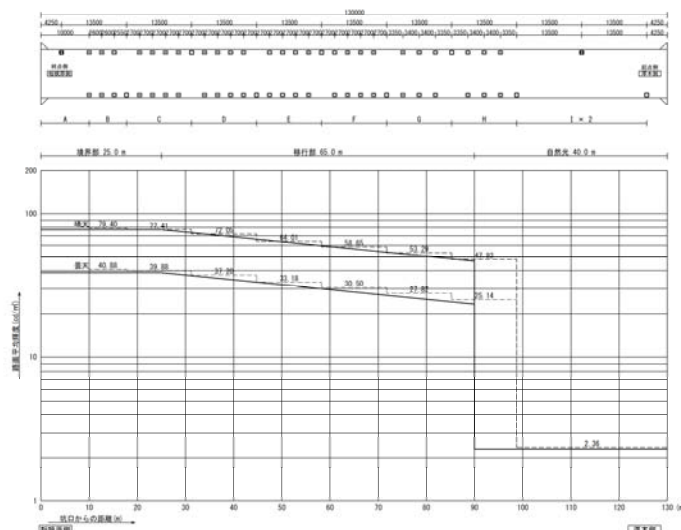
中津トンネル（下り線）

進行方向



# 中津トンネル（上り線側） 入口照明曲線図

進行方向



設計条件		
トンネル延長	130 m	
設計速度	60 km/h	
設計交通量	30000 車/日	
標準横断	25.0 m	
基本断面	入口断面	
照度率	0.54%	0.33%
昼平均	0.55	0.55
照度分布	1	
基本断面的設計照度	13.3 lx	
基本断面的標準照度	2.30 cd/m <sup>2</sup>	
断面形状	断面形状	
断面面積	4400 m <sup>2</sup>	
境界部の標準照度	77.38 cd/m <sup>2</sup>	
境界部の標準照度	40.87 cd/m <sup>2</sup>	
境界部の標準照度	3.30 cd/m <sup>2</sup>	

基本照度灯具数	
名称	灯具種別および数量
規格	K&L P1000S-2-0
実数	0
計算数	2
計	10

入口照度灯具数	
名称	灯具種別および数量
規格	K&L P1000S-2-0
実数	10
計算数	22
計	32

工事名	中津トンネル 入口照明曲線図
設計者	株式会社 国土建設
監理者	国土建設株式会社
図面名	入口照明曲線図(上り線側(南行側))
図面番	1-100
図面尺	1/20
図面日	2010.08.10
図面者	国土建設
図面校	国土建設
図面検	国土建設
図面監	国土建設



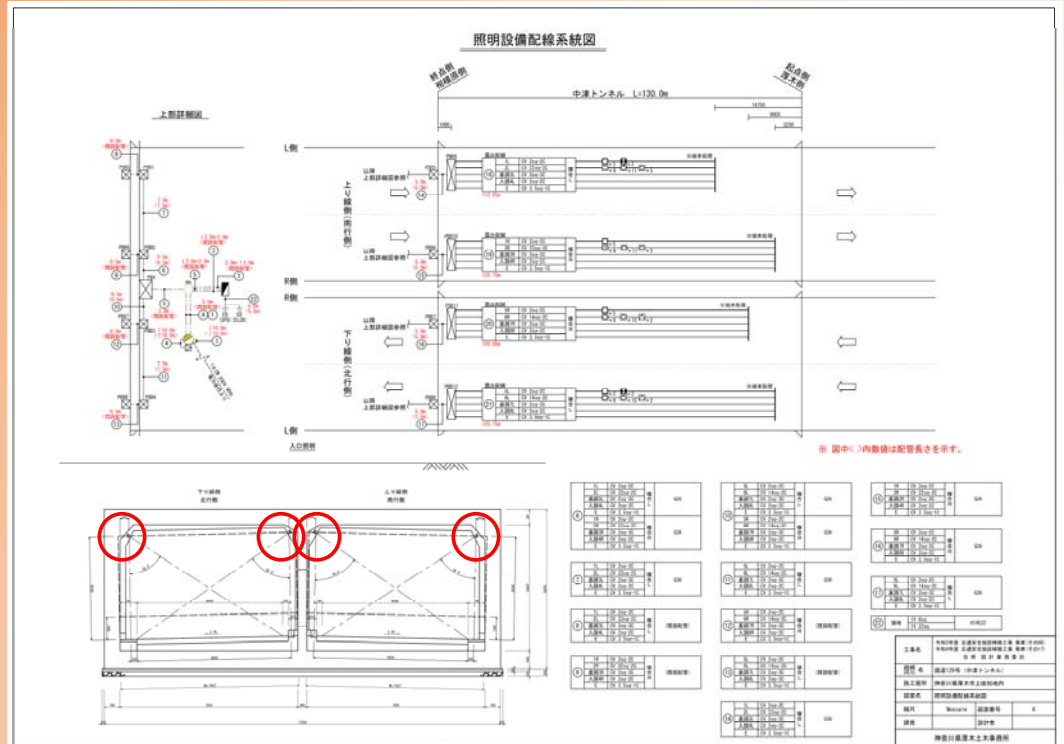


# 中津トンネル

中津トンネル(上り線)

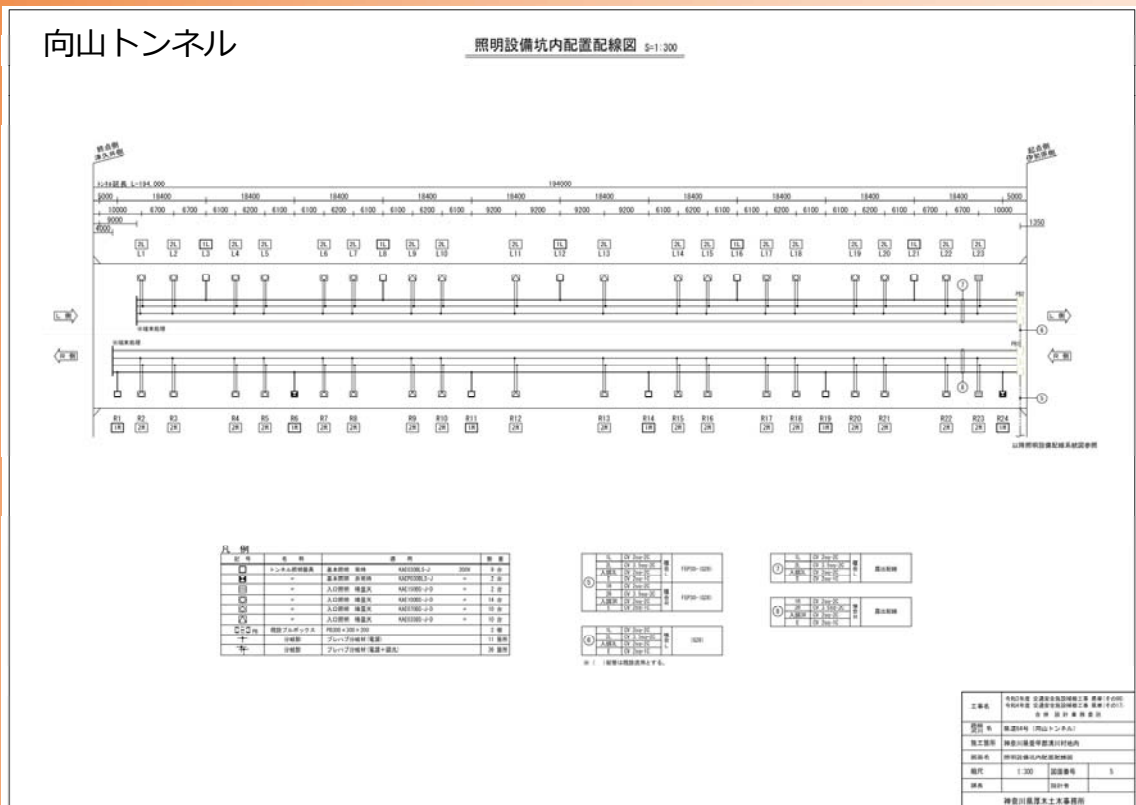


中津トンネル(下り線)



# 向山トンネル

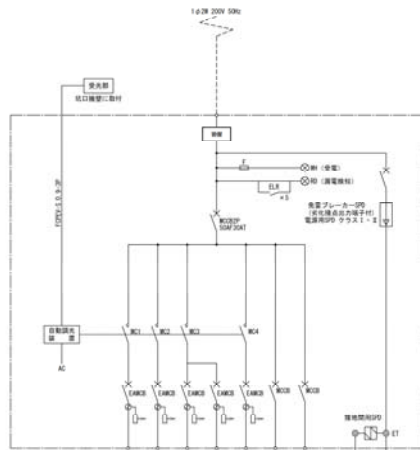
照明設備坑内配置配線図 S=1:200



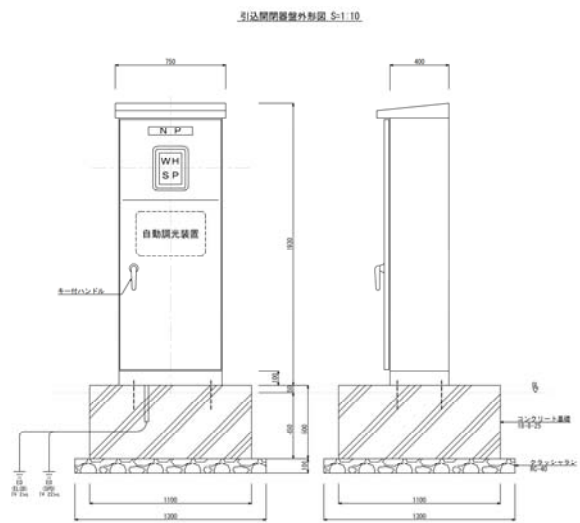


# 向山トンネル

引込開閉器盤結線図・外形図 S=1:10



回路番号	基元	基元	入込	入込	基・消	分	分
照明用	照明用	照明用	照明用	照明用	照明用	照明用	照明用
動力用	動力用	動力用	動力用	動力用	動力用	動力用	動力用



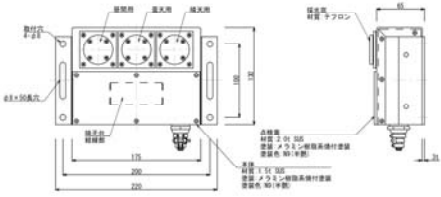
- 注 記
- 1) 本 図 自動調光装置は別注品(別図参照)
  - 2) 照明器具 標準型(12.5A以下)
  - 3) 遮断機 電動機用、指定色塗装
  - 4) その他 標準品(ハンドAは、00204)
- 注)寸法は、参考値とする。

工事名	向山トンネル 全線開通工事(第1期工事)
設計者	建設省 国土院(向山トンネル)
施工箇所	向山トンネル(全線開通工事)
図名	引込開閉器盤結線図・外形図
図尺	1/10
図番	11
設計者	建設省
設計者	建設省

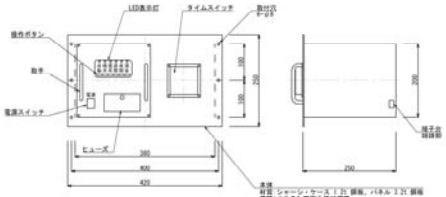
# 向山トンネル

トンネル照明用自動調光装置(照度計式)姿図

受光部 S=1:2 (横壁取付)



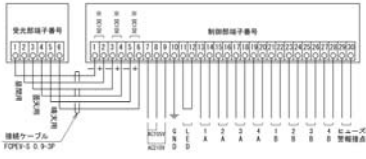
制御部 S=1:4 (壁内内蔵)



出力接点動作表

位置	照度 (lx)
入口照度	20000
途中照度	10000
出口照度	100

結線部詳細図

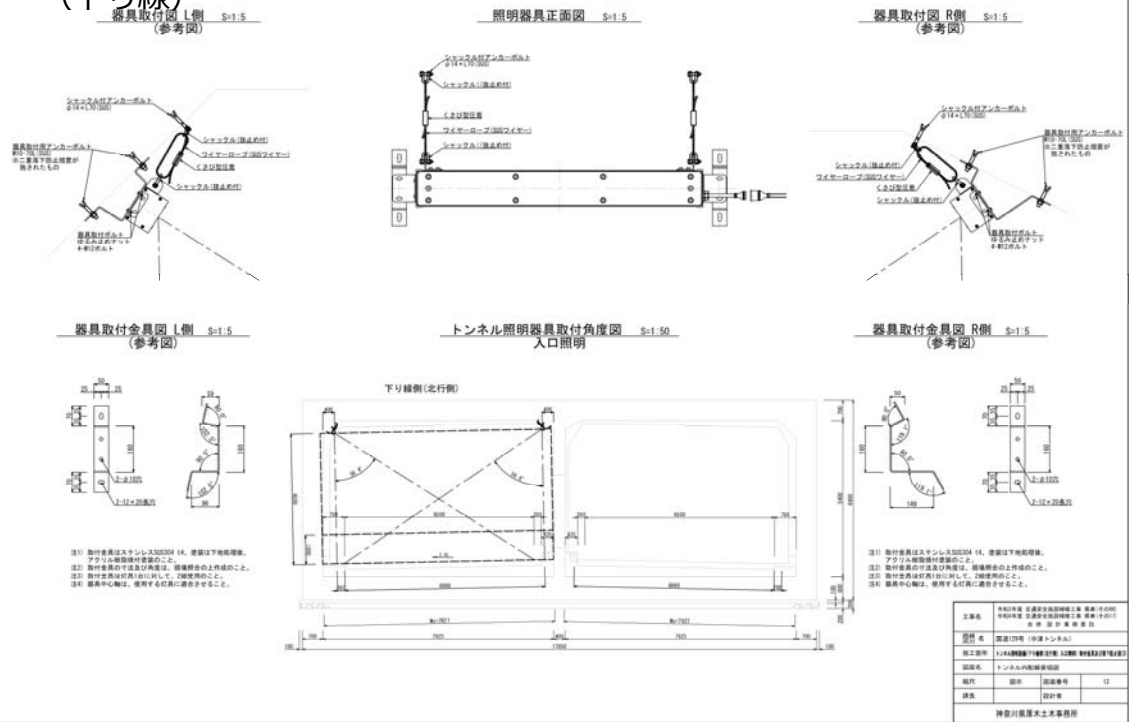


位置	照度 (lx)
1A	20000
1B	10000
1C	10000
1D	10000
1E	10000
1F	10000
1G	10000
1H	10000
1I	10000
1J	10000
1K	10000
1L	10000
1M	10000
1N	10000
1O	10000
1P	10000
1Q	10000
1R	10000
1S	10000
1T	10000
1U	10000
1V	10000
1W	10000
1X	10000
1Y	10000
1Z	10000

工事名	向山トンネル 全線開通工事(第1期工事)
設計者	建設省 国土院(向山トンネル)
施工箇所	向山トンネル(全線開通工事)
図名	トンネル照明用自動調光装置(照度計式)姿図
図尺	1/10
図番	12
設計者	建設省
設計者	建設省

# 中津トンネル (下り線)

トンネル照明設備(下り線側(北行側) 入口照明) 取付金具及び落下防止図(3)  
(参考図)



## 8. 注意点・課題点

### ○現地踏査時の安全管理

- ・道路中心からの撮影が必要な場合がある。
- ・トンネル内部は暗い。
- ・照明を見上げるため、車両接近に気づくのが遅れる。
- ・ライトをつけない車もいる。

### ○トンネルの起点・終点位置に注意

- ・トンネルの坑口は入口・出口の形状が似ている。
- ・トンネル部の道路形状は単純構造のため、平面図は対称に近い。
- ・山岳トンネルは周りの地形も判別しにくい。

### ○詳細な資料が入手困難

- ・施工図面が古い、もしくは竣工図が無い場合がある。
- ・CADデータはほとんどの場合が無い。
- ・点検結果は内部の変状を記録したものであり、照明器具は目安。

反射材の着用  
安全確認役の配置  
交通量の少ない時間帯に  
調査実施

現地踏査前の位置図、  
道路MAPの準備・確認  
方面表記の単純化  
主要地名表記(至○○)  
方角表記(南行、北行)

トンネル調書や  
点検結果の活用  
資料収集整理、ベース図  
作成は早めに着手する

### ○事業上の問題点

- ・照明器具の更新のため、改修費用が高額になる。
- ・単年度で全箇所を更新が困難な場合がある。
- ・照度基準を満たすため照明箇所数は変えられない。

### ○都市型トンネルの問題点

- ・坑外の電気設備の配置位置の確保
- ・交通量が多いため、施工手順に工夫が必要

### ○留意点・解決方法

上下線の分離更新

片側毎の更新

配線計画で配慮

施工区分を分割しやすく

工事費を分割しやすく

**ご清聴、ありがとうございました**