



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

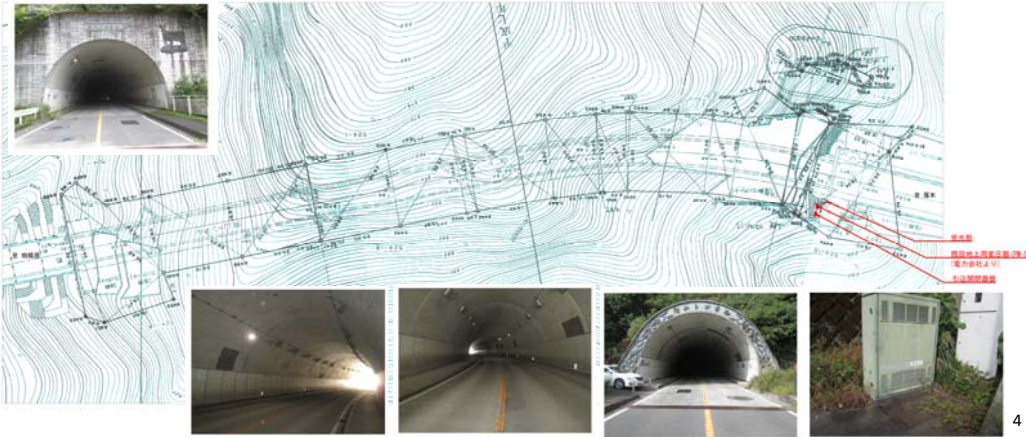


2. トンネルの現況

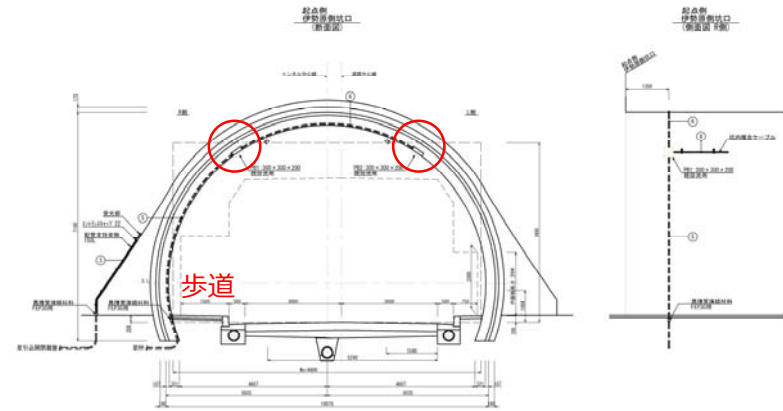
(1) 向山トンネル 対面通行 L=194m
(片側1車線 上下2車線) 設計速度40km/h

終点側
津久井側

起点側
伊勢原側



向山トンネル 断面形状 (赤丸は照明位置)



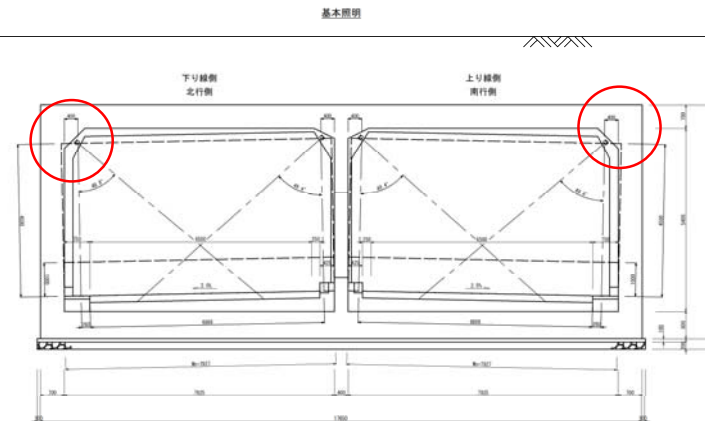
(2) 中津トンネル 上下別線 (片側L=130m 計 L=260m)
(片側2車線 計4車線) 設計速度60km/h

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)



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



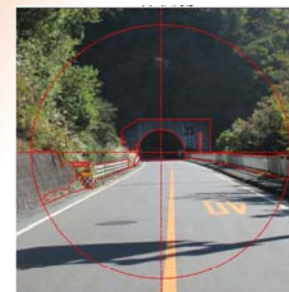
○電力設備状況（引込開閉器盤等）



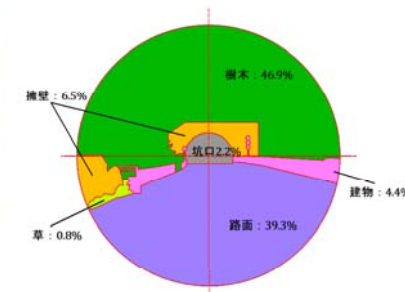
坑口手前の 写真を撮る

- 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>



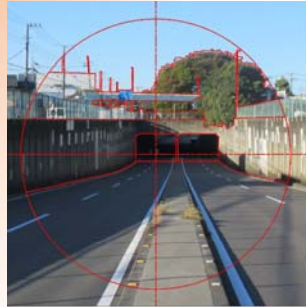
視角20度視
150 m手前より壁む (約φ52.9m)



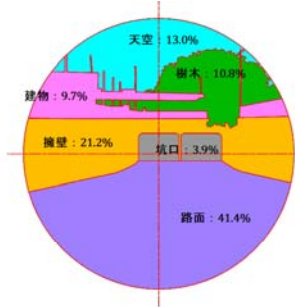
	坑口方位：北西						
	天空輝度Ls	路面輝度Lr	坑口周辺の輝度Le				坑口Lh
部分輝度 (cd/m ²)	10,500	3,750	2,000	1,500	2,500	2,000	0
面積比	0.0%	39.3%	6.5%	46.9%	4.4%	0.8%	2.2%
野外輝度 (L20) = 2430.59 (cd/m ²)							

以上の結果より、
L₂₀ = 2430.59 (cd/m²) → 十の位を四捨五入... **2,400 (cd/m²)**

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。

部分輝度 (cd/m)	坑口方位: 南		坑口周辺の輝度Le					坑口Lh
	厚木側	厚木側	植壁	樹木	建物	空	路面輝度Ls	
7,000	3,000	3,000	2,000	4,000	2,000	0		
面積比	13.0%	41.4%	21.2%	10.8%	9.7%	0.0%	3.9%	
野外輝度 (L20) = 3392.64(cd/m)								

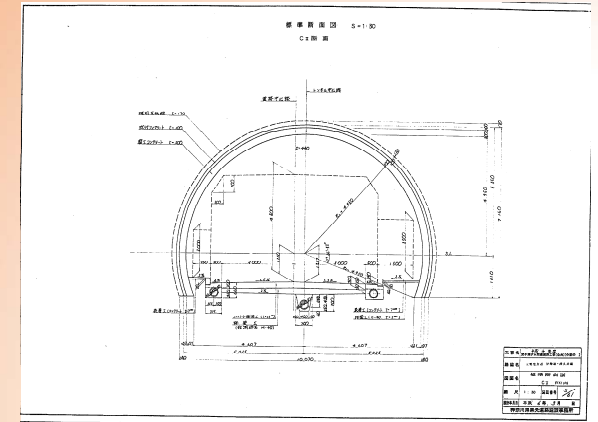
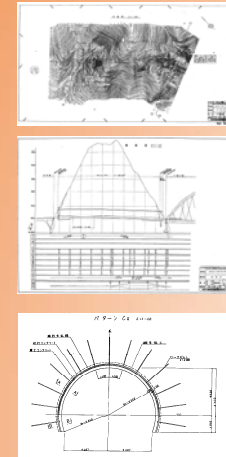
以上の結果より
 $L_{20} = 3392.64$ (cd/m) → 十の位を四捨五入... **3,400** (cd/m)

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。)



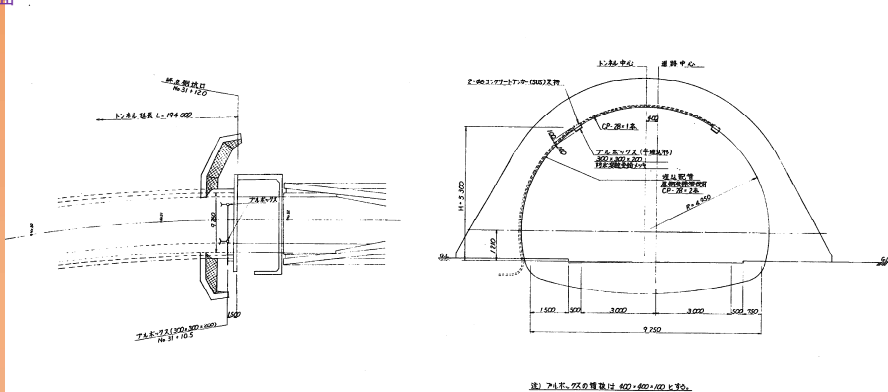
○トンネル設計図 電力設備関係の図面

○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)

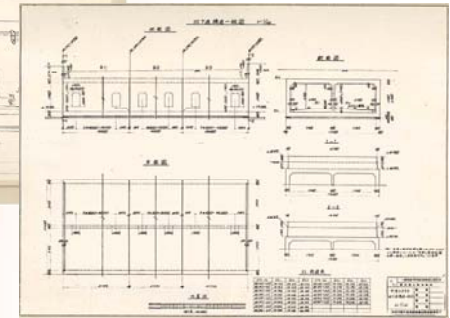
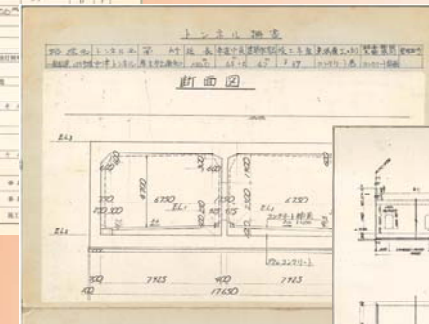
坑口断面図 s=1/200
(終点側)



○トンネル調査

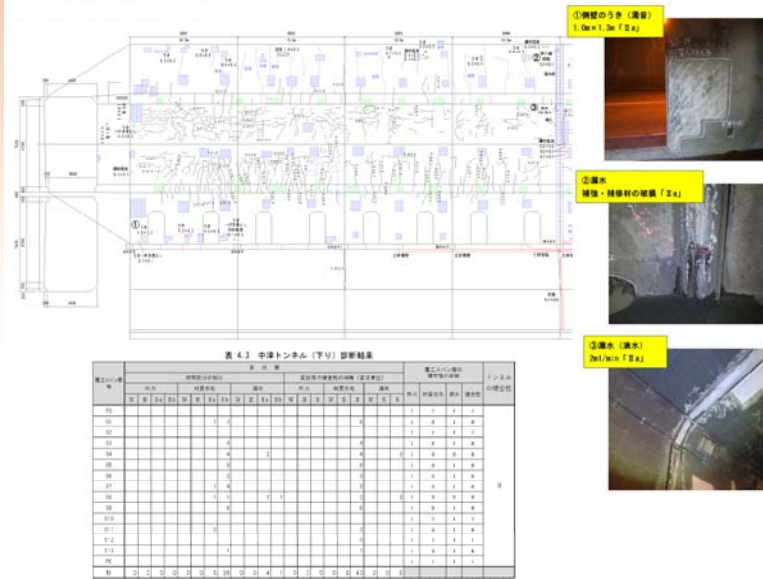
○欲しい情報は、
現況の照明設備の配置状況など

No.	調査項目	調査結果	調査場所	調査日時	調査者
1	トンネルの長さ	約1.5km	起点側	2017/6/14	調査員
2	トンネルの断面径	約5.2m	途中	2017/6/14	調査員
3	トンネルの照明設備	LED照明	途中	2017/6/14	調査員
4	トンネルの換気設備	自然換気	途中	2017/6/14	調査員
5	トンネルの排水設備	排水溝	途中	2017/6/14	調査員
6	トンネルの防火設備	防火扉	途中	2017/6/14	調査員
7	トンネルの安全設備	安全標識	途中	2017/6/14	調査員
8	トンネルの環境設備	換気扇	途中	2017/6/14	調査員
9	トンネルの電気設備	配電盤	途中	2017/6/14	調査員
10	トンネルの通信設備	通信機	途中	2017/6/14	調査員



○トンネル点検結果

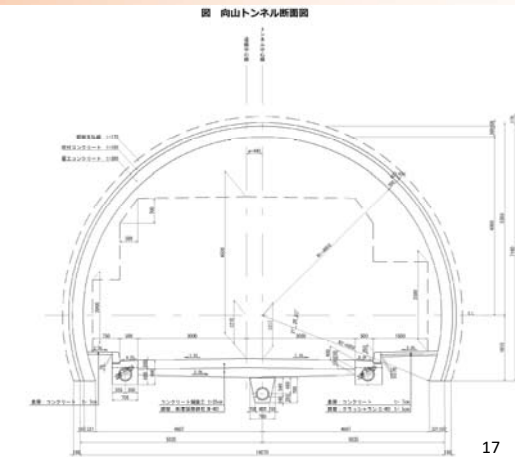
○欲しい情報は、
現況の照明設備の配置状況
など



- 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

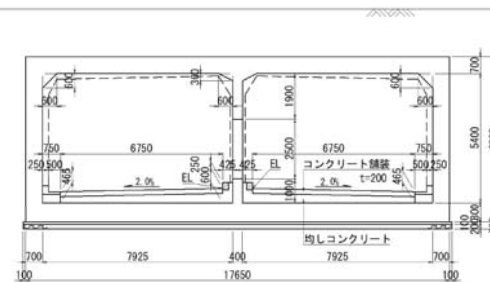
- (1) 向山トンネル
- a) 路線名 国道 64 号
 - b) 所在地 神奈川県巻甲郡清川村宮ケ瀬
 - c) トンネル名称 向山トンネル
 - d) トンネル延長 194m
 - e) 構造諸元 内空断面 幅 W=9.900m, 高さ H=6.760m, 延長 L=194.0m
山岳トンネル（覆工厚 t = 300~350 mm）
 - f) 横断面構成幅員 車道 7.0m, 歩道 2.25m（歩道+調査脚）
 - g) 舗装 C o 舗装
 - h) 設計速度 40km/h
 - i) 計画交通量 4,835 台/日
 - j) 交通方式 対向 2 車線
 - k) トンネル仕上げ 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



○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 x 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



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
- 2) 灯具の高さ
- 3) 灯具の配列
- 4) 灯具間隔

←設計速度高いほど、平均路面輝度は高く

←トンネル断面図より決定

千鳥配列とする

←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 5m 以内に第 1 灯目を配置

②入口部照明の設置条件

- 1) 入口部照明の設置
- 2) 入口部照明の調光段階
- 3) 入口部照明曲線

50m以上のトンネルに設置

←設計速度と交通量より決定

←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/m² 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



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。

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

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/m²
 W: 車道幅員 6.0 m
 K: 平均照度換算係数 13 lx/cd/m²

式 3-8 に各値を代入すると、

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

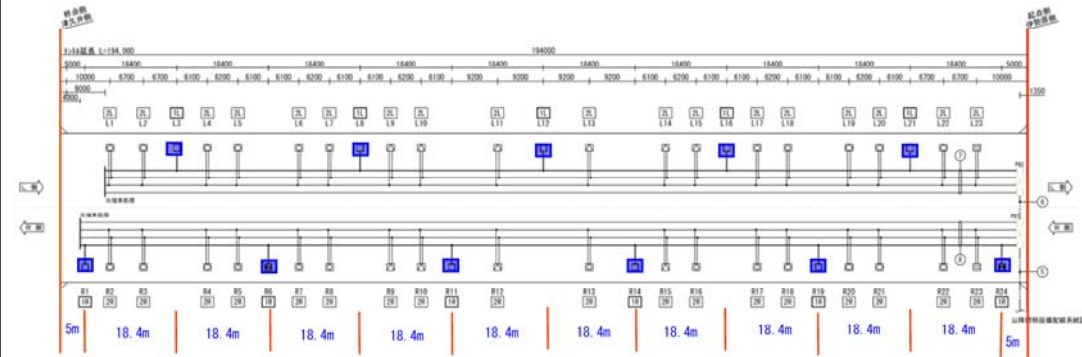
基本照明 1 台目を 5m 以内に設置するため、灯具間隔は 18.4m となる。

20

向山トンネル 照明配置

【基本照明：■】

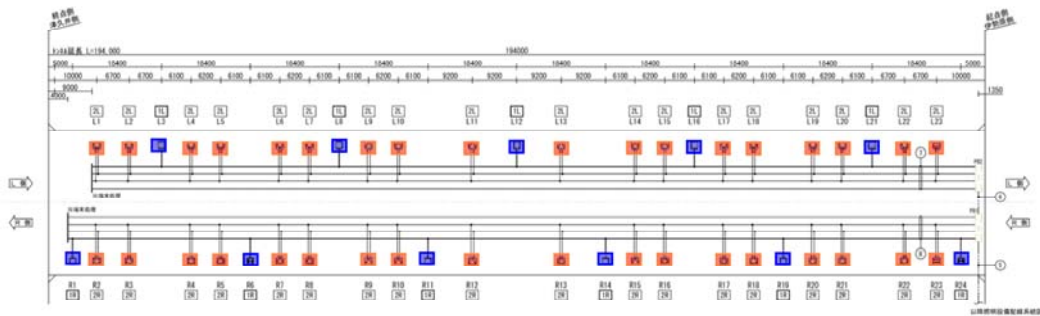
- ・坑口より 5m 以内に第 1 灯目を配置
- ・千鳥配置する (今回設計)



21

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

22

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			

(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。

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

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/m²
 W: 車道幅員 6.5 m
 K: 平均照度換算係数 13 lx/cd/m²

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) 逐点法による輝度計算

(4) で求めた灯具間隔を上限とし、性能指標(輝度均斉度、相対照度増加)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。

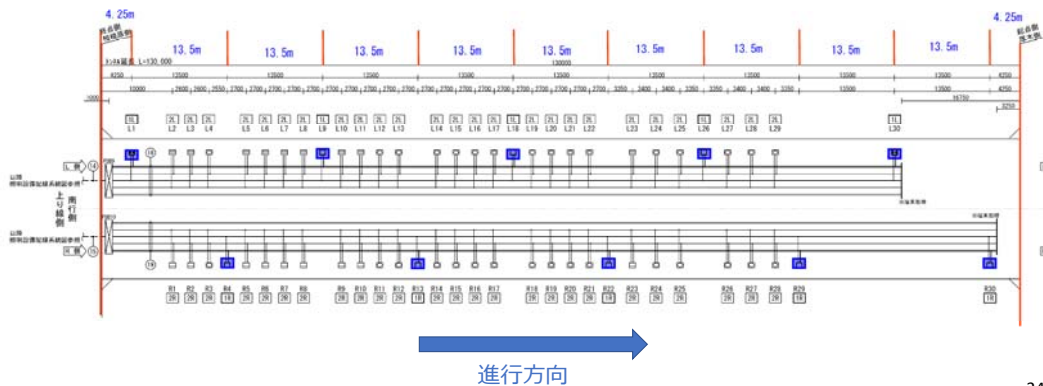
23

中津トンネル（上り線）

L=130m

【基本照明：■】

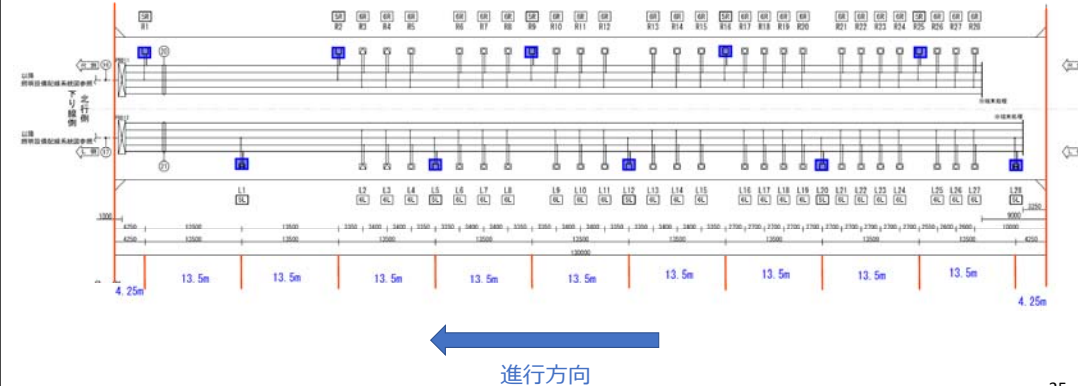
- ・坑口より5m以内に第1灯目を配置
- ・千鳥配置する（今回設計）



中津トンネル（下り線）

L=130m

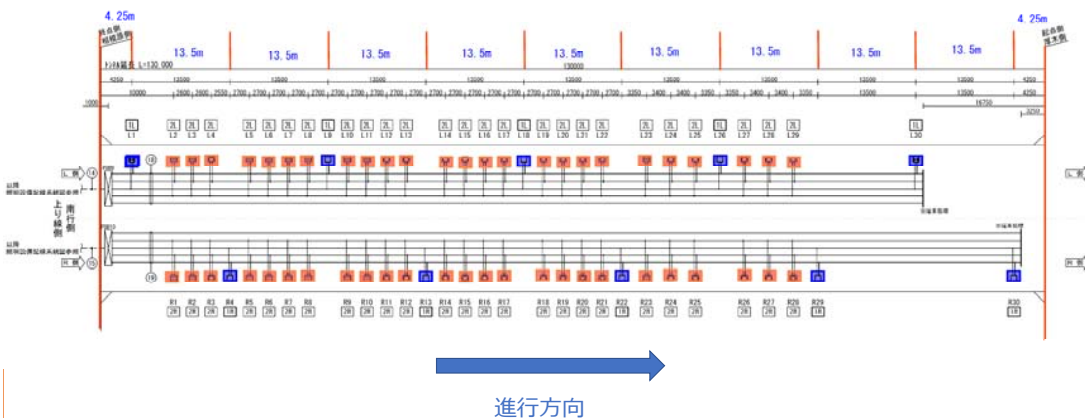
【基本照明：■】



中津トンネル（上り線）照明配置

【基本照明：■ 入口照明：■ 2.6~3.4mピッチ】

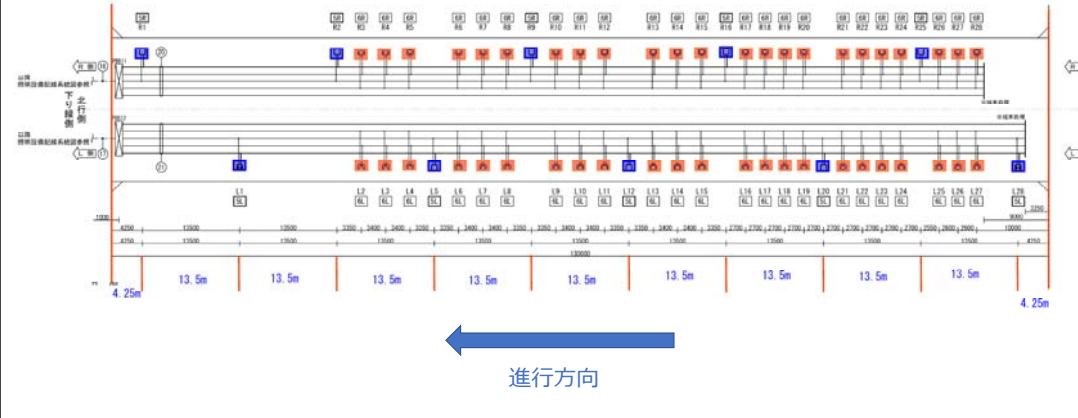
設計速度が高く、交通量が多いので、入口照明の配置は濃くなる



中津トンネル（下り線）照明配置

【基本照明：■ 入口照明：■ 2.6~3.4mピッチ】

設計速度が高く、交通量が多いので、入口照明の配置は濃くなる



6. 照明設計図

トンネル照明詳細設計において作成する図面例

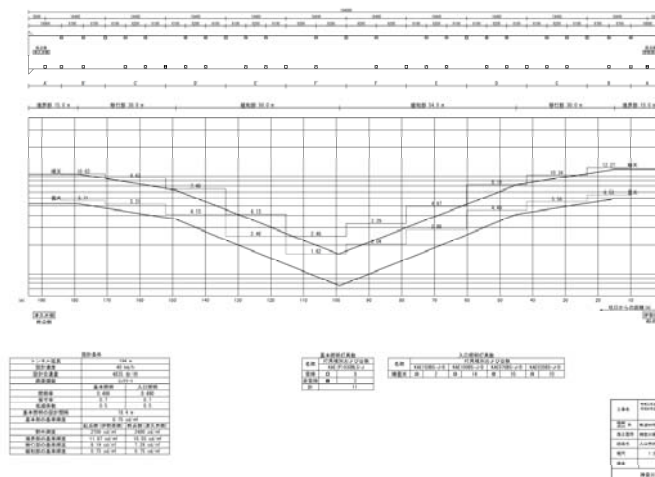
向山トンネル

図面番号	図面名称	縮尺
1	位置図	1:400
2	標準断面図	1:40
3	入口照明曲線図	1:300
4	照明設備配線系統図	Noscale
5	照明設備坑内配置配線図	1:300
6	照明設備坑口配管図	1:40
7	トンネル内配線要領図	1:10
8	トンネル照明設備(基本照明) 取付金具及び落下防止図(1)	図示
9	トンネル照明設備(入口照明) 取付金具及び落下防止図(2)	図示
10	トンネル照明器具外形図(基本・入口照明)	図示
11	引込開閉器盤結線図・外形図	1:10
12	トンネル照明用自動調光装置(照度計式)姿図	図示
13	既設撤去図	Noscale

28

向山トンネル 入口照明曲線図

進行方向



進行方向

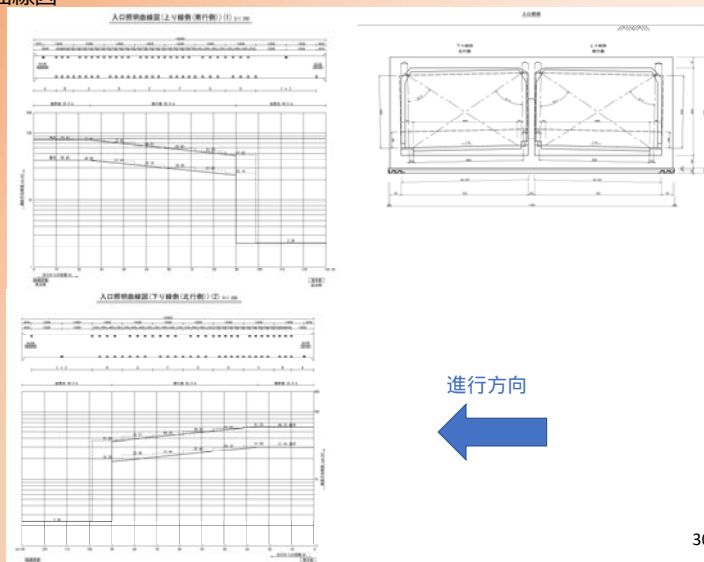


29

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)

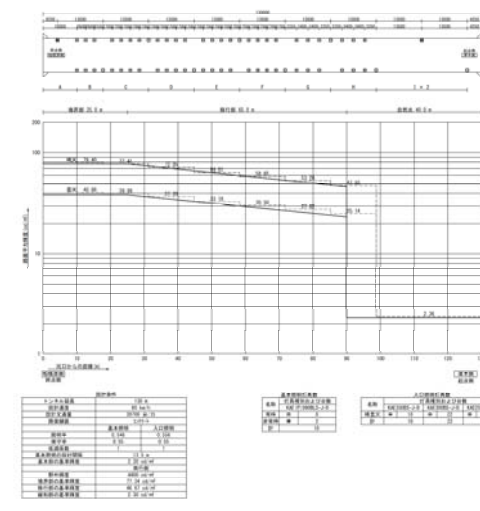
進行方向



30

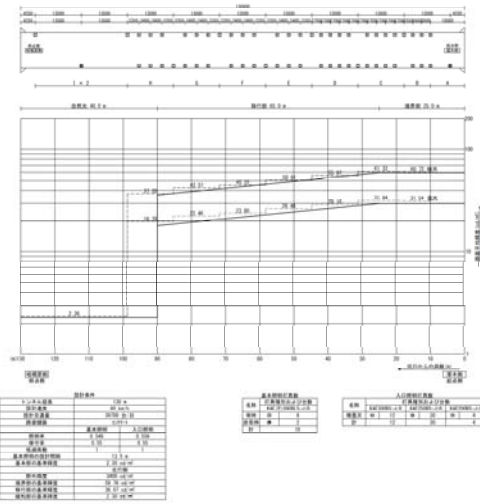
中津トンネル(上り線側) 入口照明曲線図

進行方向



31

中津トンネル（下り線側） 入口照明曲線図

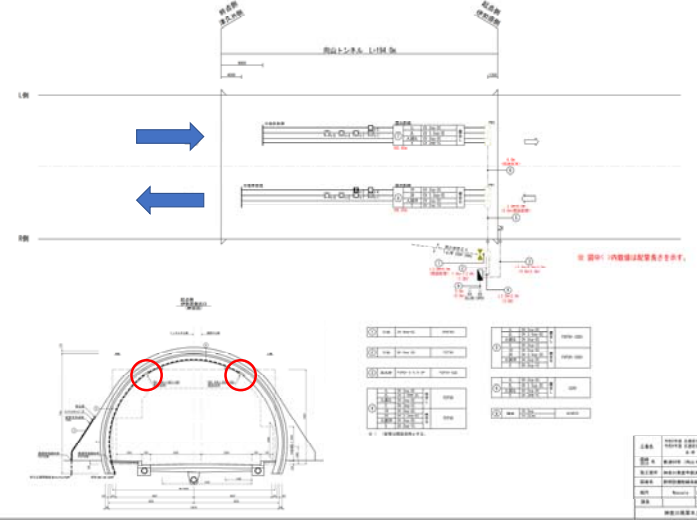


進行方向



向山トンネル

照明設備配線系統図

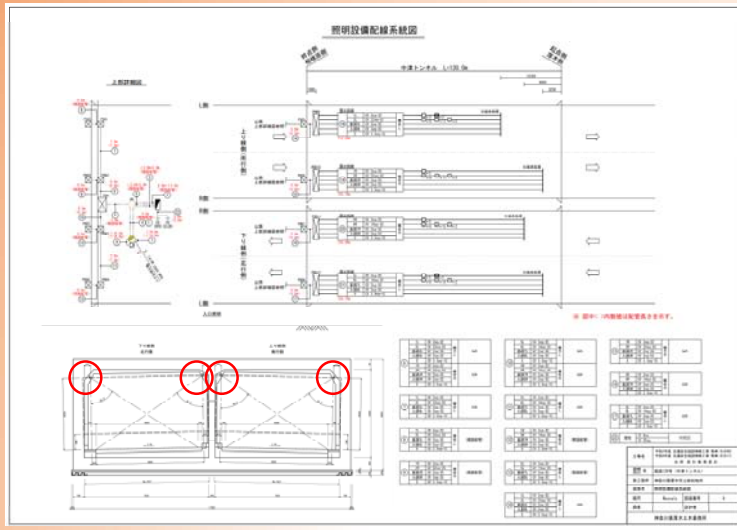


中津トンネル

中津トンネル（上り線）

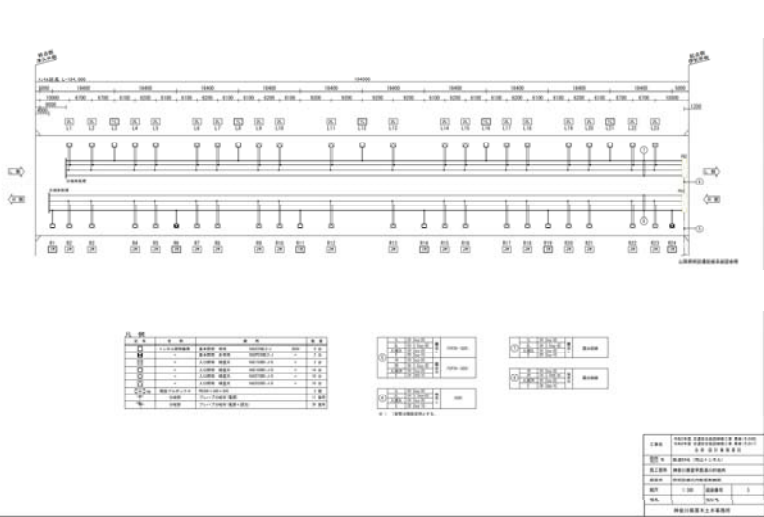


中津トンネル（下り線）



向山トンネル

照明設備坑内配置配線図 3-1 300

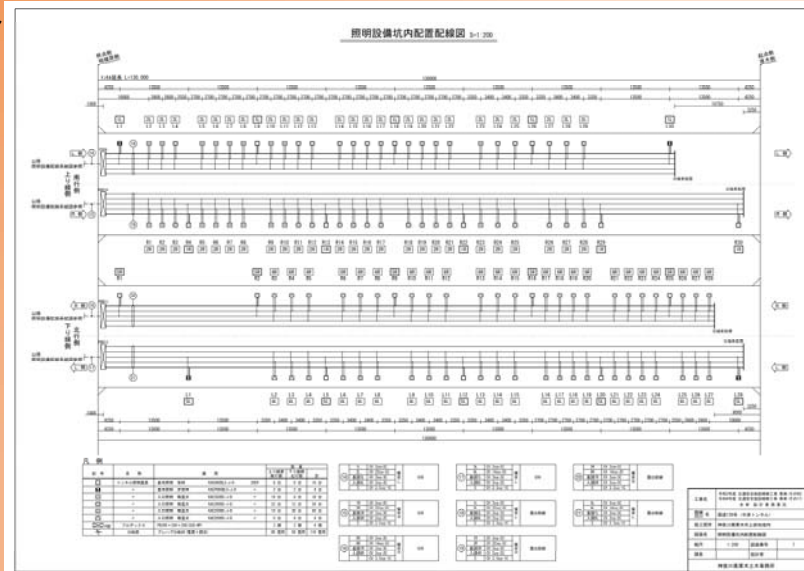


中津トンネル

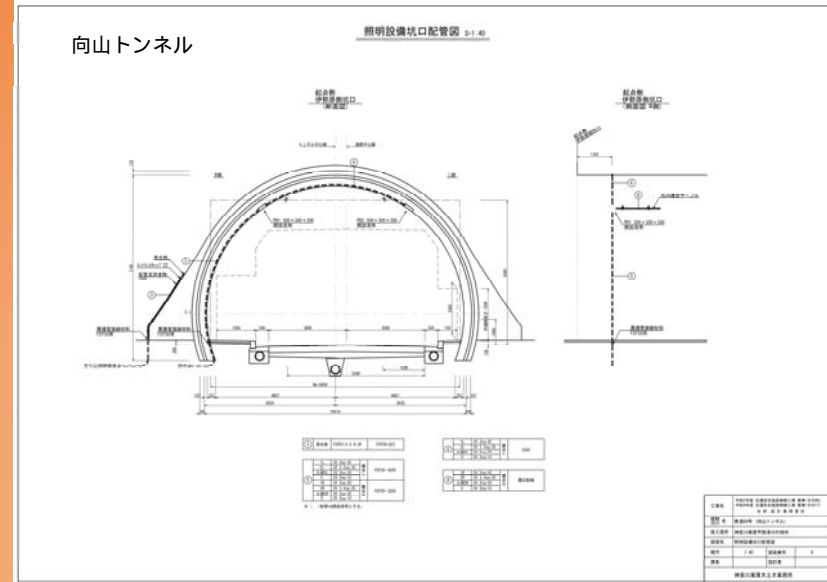
中津トンネル
(上り線)



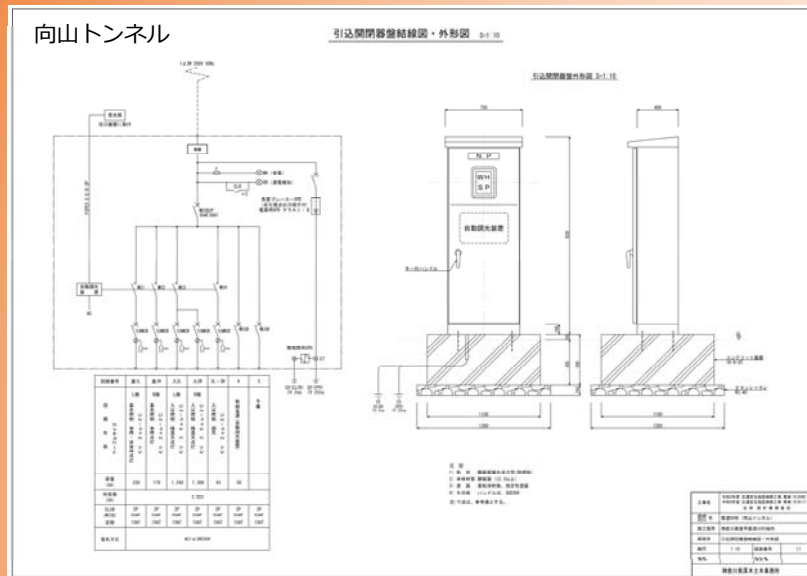
中津トンネル
(下り線)



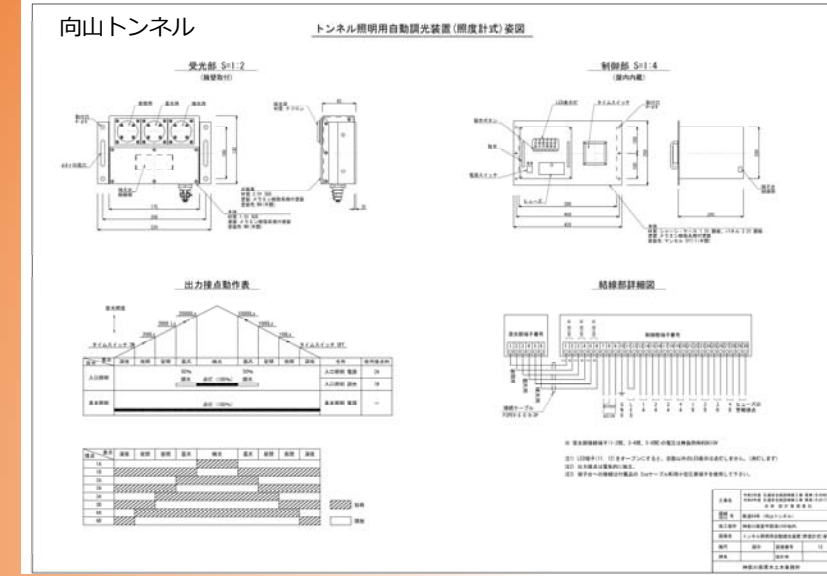
向山トンネル



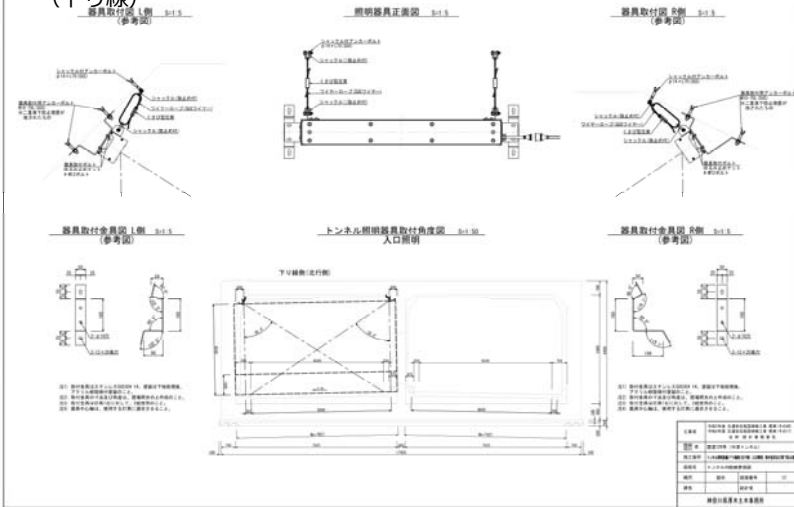
向山トンネル



向山トンネル



中津トンネル (下り線)



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。

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

○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。

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)

○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。

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

40

41

○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。

○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

○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

42

ご清聴、ありがとうございました