

トンネル非常用施設の防災強化事例紹介

谷口 浩二¹・服部 宏明²

¹ 非会員 星和電機株式会社 営業本部 技術企画部 (〒111-0052 東京都台東区柳橋 2-19-6)

E-mail: TANIGUTI_kouji@seiwa.co.jp

² 非会員 星和電機株式会社 営業本部 技術企画部 技術企画一課 (〒111-0052 東京都台東区柳橋 2-19-6)

E-mail: HATTORI_hiroaki@seiwa.co.jp

東京外かく環状道路(三郷南 IC~高谷 JCT 間)に設置されたトンネルの安全対策事例を紹介する。

京葉 JCT は、全ての入出路がトンネル構造で、トンネル内で分岐または合流する 4 方向の JCT になっている。本線は半地下構造・トンネル構造という特殊な道路空間となっている。このため、一般的に用いられる「道路トンネル非常用施設設置基準・同解説¹⁾」のトンネル延長と交通量から定まる等級よりも 1 階級上位の等級としている。

更に、迅速な避難誘導等を行う観点から、確実な避難誘導と事故等の状況を把握するために、設置基準・同解説に示されている非常用施設とは別に、補助的に機能する施設として新たに設置された設備を紹介する。

Key Words: Tunnel accident or fire, Intrusion control device for tunnel,
Evacuation guidance device in tunnel

1. はじめに

東京外かく環状道路(三郷南 IC~高谷 JCT 間 延長約 15.5km)は、昭和 44 年に都市計画決定後、50 年の歳月を経て平成 30 年 6 月 2 日に開通した。(図-1)



図-1 開通区間

本区間は、住宅密集地域を通過する道路であるため、住環境に配慮し、本線道路構造は掘割スリット半地下構造(図-2)京葉 JCT は、トンネル構造(図-3)としている。

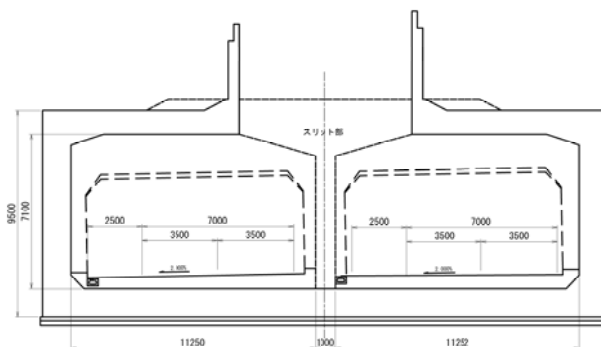


図-2 スリット半地下構造断面図

更に、京葉 JCT は全ての入出路(ランプ部)が、トンネル内で分岐または合流する 4 方向の JCT になっている。本線は半地下構造・トンネル構造、ランプ部はトンネル構造という、共に特殊な道路空間であるため、安全性向上を目的として、新たに設置された補助的に機能する非常用施設などを紹介する。

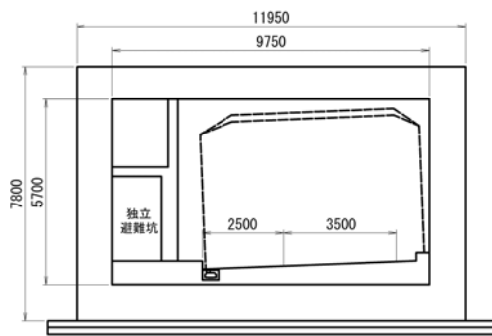


図-3 トンネル構造断面図（ランプ部）

2. 安全対策設備

道路トンネル非常用施設設置基準・同解説に示されている非常用施設とは別に、トンネル火災発生時等に補助的に機能する施設として、トンネル内の火災時等において危険性（進入を抑制）を視覚的に伝える目的でトンネル入口に「警告灯照明²⁾」が設置された他、JCTのトンネル坑内には煙中での避難環境の向上を図る事を目的として「足元灯」が設置された。

また、掘割構造区間内に設けられたICとJCTの分合流部や道路線形の見通しが良好でない区間には、運転者が容易に道路線形を把握でき、快適な走行を支援する目的で「視線誘導灯」が設置され、本線の勾配変化（上り勾配3%以上）区間については、速度の低下に伴う渋滞、追突事故の発生が懸念されるため、無意識の速度低下を防ぐ効果が期待できる「ペースメーカーライト²⁾」が設置された。

警告灯照明、視線誘導灯およびペースメーカーライトは、火災時等には防災受信盤からの連動動作により、赤色の光が点滅し、足元灯は緑色の光が点灯する様になっている。表-1にこれら4種類の設備が設置された箇所を示す。

表-1 各設備が設置された箇所

設備名	本線部	ランプ部
警告灯照明	○ 入口部	○ 入口部
足元灯	—	○ 京葉JCT
視線誘導灯	○	○
ペースメーカーライト	○ 上り勾配3%以上	—

各設備は、電気室に設置している走行支援灯監視制御盤と接続されている。走行支援灯監視盤は、防災受信盤と接続されており、トンネルの防災区画毎での現場連動動作を基本としている他、事務所に設置された操作卓からの手動操作による制御も可能であり、この操作卓では運用状態の常時監視が可能となっている。各設備のシステム構成図を図-4に示す。

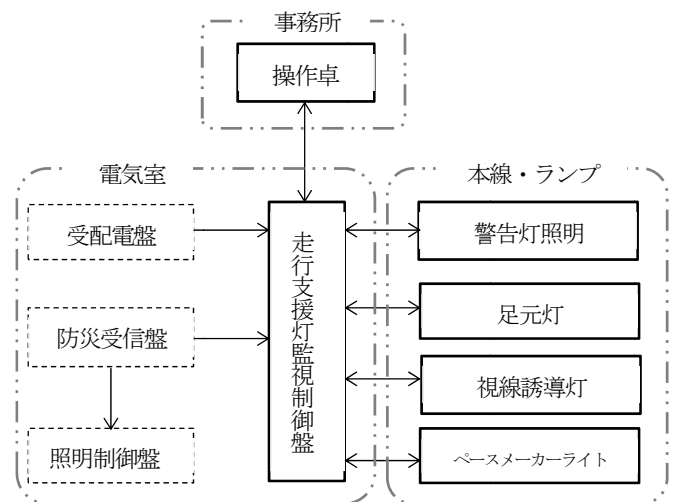


図-4 システム構成図

(1)警告灯照明²⁾

トンネル火災発生時等において、危険性（進入を抑制）を視覚的に伝える目的として、坑口から80m区間に赤色光で点滅する照明が設置された（写真-1）。



写真-1(a) 警告灯照明の点灯状況（トンネル坑口手前より）



写真-1(b) 警告灯照明の点灯状況（トンネル坑内）

坑口手前（明かり部）からトンネル内の危険を知らせる必要があるため、トンネル照明灯具の上部と下部にそれぞれ配置した。

トンネル入口照明が点灯している昼間の状況でも、

トンネル坑内が赤色に見える様に、トンネル空間だけでなく、壁面及び天井も直接照らすことによりその効果を向上させている他、下部の警告灯照明については、発光面を直接見せる取付方法を採用し、視認性を向上させた。運用時は赤色の光が点滅することによって誘目性を向上させ、注意喚起を行っている。

警告灯照明の消灯時と点灯時のトンネル坑内の全体を写真-2に示す。



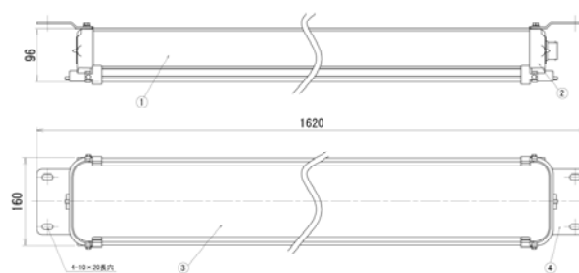
写真-2(a) 警告灯照明の点灯状況（平常時：消灯）



写真-2(b) 警告灯照明の点灯状況（火災発生時等）

a)警告灯照明の特徴

- ・トンネル坑内全体が赤色に見える効果を出すために、反射板を用いて壁面・天井面に照射する配光としている。
- ・アルミ成型筐体を採用し小型化・軽量化を実現している（図-5）。
- ・筐体の小型化により狭小断面にも設置可能である。
- ・筐体の軽量化により、作業効率が向上している。
- ・腐食部品（蝶番・錠）を無くした密閉構造とし安全性を向上させている。



番号	部 品 名 称
①	本体（アルミ押出材）
②	側板（ADC12製）
③	透光性カバー（強化ガラス）
④	取付脚（SUS）

図-5 警告灯照明の外形図

表-2 警告灯照明の仕様概要

項目	仕 様
点灯方式	火災発生時点滅
保護等級	IP55
発光色	赤色
質 量	12.0(kg)
器具光束	9,000(lm)
皮相電力	140(VA) (240V時)
消費電力	135(W) (240V時)



写真-3 警告灯照明の外観形状

(2)足元灯

トンネル内で火災が発生した際に煙が上昇してトンネル照明の明かりが遮られた状態となって一帯が暗くなり避難が困難になるが、煙中において出口や非常口までの歩行避難を支援するために京葉 JCT のランプ部に 10 m 間隔で設置された。火災発生時等には緑色で点灯する（写真-4）。



写真-4(a) 足元灯の設置（点灯）全景



写真-4(b) 足元灯（灯体）の点灯状況

a)足元灯の特徴

- ・耐火ケーブルと耐熱性能の発光部とを一体構造としたものである（図-6）。
- ・発光部の故障・延焼時は，系統全体の消灯を防ぐための保護機能を装備している。
- ・発光部は広い視野角（180 度半球面）を有している。
- ・発光部は容易に取替え交換が可能である。
- ・電源供給元の断線検出機能により，ケーブル損傷を素早く検知できる機能を有している。

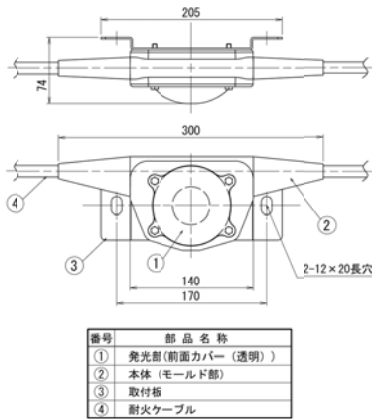


図-6 足元灯の外形図

表-3 足元灯の仕様概要

項目	仕 様
点灯方式	火災発生時点灯（点滅なし）
保護等級	IP55
発光色	緑色
光 度	4(cd)以上（全方向）
電源電圧	100(V)
容 量	2(VA)



写真-5 足元灯外観形状

b)評価試験（参考）

実大トンネル内での火災を想定した Cs 濃度を 0.4 l/m における足元灯の視認性の試験を行い，煙の中で点灯する光を頼りに避難ルートの目印となり，歩行避難を支援する視認性を確認した（写真-6）。



写真-6(a) 足元灯の試験前



写真-6(b) 足元灯の試験中

c)耐火試験

耐火ケーブルと発光部の一体構造であるため，ケーブル一体での耐火試験を実施している。耐火試験の概要を表-4 に示し，試験状況を写真-7 に示す。

試験場所は，一般財団法人 電線総合技術センターにて実施し，性能を満足することを確認している。

表-4 耐火試験の概要

項目	概 要
規格	JCS75052014 接続部耐火試験方法（小型加熱炉）
摘要 範囲	消防庁告示第 10 号に規定される低圧耐火ケーブルの接続部の小型加熱炉において行われる試験方法
試験 方法	耐火電線の加熱試験は認定業務委員会が認めた試験機関の検定炉を用い，JIS A 1304（建築構造部分の耐火試験方法）に定める温度曲線に準じて 30 分間で 840℃に到達するよう加熱する
試験体	露出試験では，13 (m)の試料重量の 2 倍の荷重を試験中試験体にかける
性能 確認	絶縁抵抗 加熱前 50 MΩ 以上 加熱後 0.4 MΩ 以上 絶縁耐力 加熱前 AC1500V 1 分間に耐えること 加熱中 AC600V に耐えること 加熱後 AC1500V 1 分間に耐えること



写真-7(a) 加熱前



写真-7(b) 加熱中



写真-7(c) 加熱後

d)設置基準・同解説

令和元年に改定された、道路トンネル非常用施設設置基準・同解説¹⁾の避難誘導設備【解説】に足元灯が紹介されているので抜粋を下記に示す。

4-5 避難誘導設備

(2) 避難情報提供設備

- 1) 道路管理者等からトンネル内利用者に任意の情報提供が可能な方式とする。
- 2) 車内及び車外への情報提供を考慮する。

【解説】

(2) 避難誘導提供設備

②車外に利用者に対する情報提供機能

上記のほか、車外の利用者に情報を伝える設備を補完する設備として、トンネル内における煙中の避難環境の向上を図ることを目的として、トンネル内に出口や非常口までの歩行避難を支援するために足元灯を設置した例がある。

(3)視線誘導灯(自発光デリニエータ)

道路線形の見通しが良好でない区間には、車道の側方に沿って道路線形を明示し、運転者が容易に道路線形を把握でき、快適な走行を支援する目的で視線誘導灯が設置された。火災発生時等には赤色点滅するこ

とにより、進入抑制を表現している（写真-8）。運用は表-5の通りである。



写真-8(a) 視線誘導灯の点灯状況（平常時：黄色点灯）



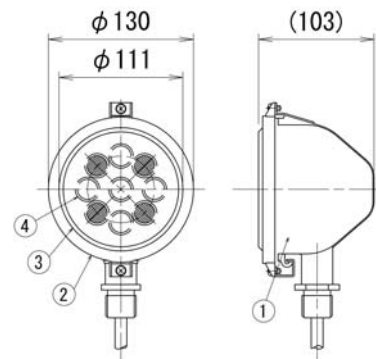
写真-8(b) 視線誘導灯の点灯状況
（火災発生時等：赤色点滅）

表-5 視線誘導灯の運用

運用モード	発光色・点灯モード
平常時	黄色・点灯
火災発生時等	赤色・点滅

a)視線誘導灯の特徴

- ・供給する電源電圧を可変させることにより2色発光（橙色・赤色）が可能である。（図-7）
- ・制御線を使用せず、電源線のみで発光色の切替が可能である。



番号	部品名称
①	本体（アルミニウム合金）
②	前面枠（SUS）
③	透光性カバー（強化ガラス）
④	LED（赤×4 橙×5）

図-7 視線誘導灯の外形図

表-6 視線誘導灯の仕様概要

項目	仕 様
構 造	アルミニウム合金
設置間隔	50 m (走行側のみ)
保護等級	IPX4
発光色	2色(黄色 / 赤色)
光 度	250(cd)
電源電圧	200(V)
容 量	12(VA)



写真-9 視線誘導灯の外観形状

(4)ペースメーカーライト²⁾

本線には勾配変化付近（上り勾配 3%以上）の区間が複数存在することから、速度の低下に伴う渋滞、追突事故の発生が懸念されるため、無意識の速度低下を防ぐ効果を期待したペースメーカーライトが設置され、走行速度低下・速度回復の支援を行っている。火災発生時等には赤色点滅することにより、進入抑制を表現している（写真-10）。運用は、表-7 に示す通りである。

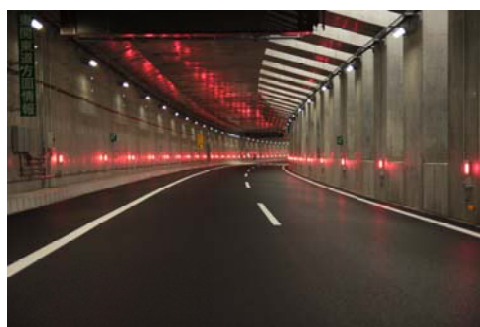
写真-10(a) ペースメーカーライトの点灯状況
(速度低下時：青色流れ点灯)写真-10(b) ペースメーカーライトの点灯状況
(非常時：赤色点滅)

表-7 ペースメーカーライトの運用

運用モード	発光色・点灯モード
速度低下時	青色・流れ点灯
平常時	橙色・点灯
非常時	赤色・点滅

a)ペースメーカーライトの特徴

無線方式により、多種多様な点灯、点滅、流れ点灯が可能であるため、ドライバーに対して視線誘導、注意喚起、進入抑制、速度回復を促すなど、多目的に利用できる（図-8）。

- ・無線方式のため、通信線不要で、電源ケーブルのみで点灯が可能である。
- ・7色のLED発光により多種多様な点灯（表現）が可能である。
- ・点灯方式は、常時点灯、点滅、交互、流れ点灯が可能である。
- ・流れ点灯の速度は 20～120km/h の範囲で 1km/h 単位での制御が可能である。
- ・ステンレスプレス成形品（無溶接）を採用した強靱な筐体により腐食等に強く、長寿命である。

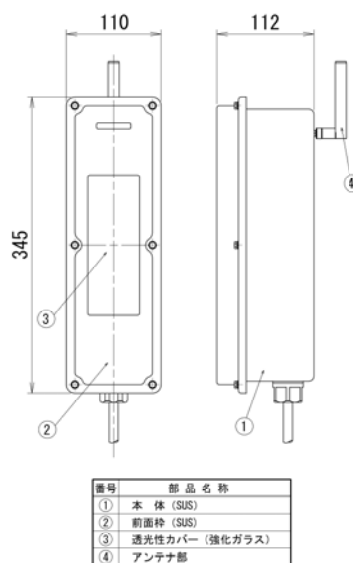


図-8 ペースメーカーライトの外形図

表-8 ペースメーカーライトの仕様概要

項目	仕 様
構 造	ステンレス製（プレス成形品）
設置間隔	10 m (走行側・追越側)
保護等級	IP65
発光色	7色 (赤・青・緑・白・黄・橙・水色)
光 度	850(cd)
電源電圧	200(V)
容 量	15(VA)

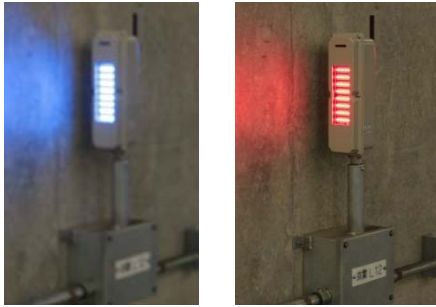


写真-11 ペースメーカーライトの外観形状

b)7 色（マルチカラー）点灯（参考）

多種多様な点灯の例（白色・緑色）を下図に示す（写真-12）。



写真-12(a) ペースメーカーライトの点灯（白色）



写真-12(b) ペースメーカーライトの点灯（緑色）

3. おわりに

1979年7月、東名高速道路の日本坂トンネルでの車両事故による大規模火災が発生し³⁾、2年後の1981年4月、「道路トンネル非常用施設設置基準」が通達されてから間もなく40年が経過しようとしている。

道路トンネル非常用施設は、トンネルにおける火災その他の事故などが発生した場合の被害を最小限にとどめるために欠かすことのできない施設である。東京外かく環状道路（三郷南 IC～高谷 JCT 間）京葉 JCT と本線の特殊性に鑑み設置された安全施設を紹介したが、今までに例の無い先進的な事例といえる。

今後も新たな技術を導入するなどして、道路トンネル利用者の更なる安全性向上に資する技術開発に携わってゆきたい。

参考文献

- 1)日本道路協会：道路トンネル非常用施設設置基準・同解説，2019.
- 2)東日本高速道路（株）：東京外環自動車道（三郷南 IC～高谷 JCT）防災施設パンフレット，2018.
- 3)伊藤功：道路トンネルの監視制御システム，pp.1-6，電気書院，2019.

(2019. 9. 30 受付)

INTRODUCING EXAMPLES OF STRENGTHENING DISASTER PREVENTION IN TUNNEL EMERGENCY FACILITIES

Koji TANIGUCHI, Hiroaki HATTORI

Introducing examples of safety measures for tunnels installed on the Tokyo Outer Ring Road (between Misato Minami IC and Koya JCT).

In Keiyo JCT, all the access routes are tunnel structures, and the main line is a special road space with a semi-underground structure and tunnel structure.

For that reason, this JCT is one grade higher than the tunnel grade defined in the standard because it is likely to cause accidents and fires.

Introducing the newly installed “facility to assure evacuation guidance and grasp the situation of accidents”