

球面リフレクタによるレーザー式警報システム 制限エリアの構築方法と構造物の構築方法

川田 淳

建設現場における送電線や架空線に関する事故は非常に多い。近年の送電線事故の中では、2006年夏におきた、旧江戸川にかかる送電線切断事故が記憶に新しいところである。送電線事故は、工事の関係者が感電するばかりでなく、一般社会にも多大な影響を及ぼし、またそれが大きな社会問題に発展する。送電線事故を防止するためには、送電線からの定められた安全隔離距離を確保するために、制限エリアの構築が欠かせない。先日供用が開始された第二京阪道路の星田地区PC上部工事の送電線近接施工にあたり、球面リフレクタによるレーザー式警報システムおよび制限エリアの構築方法と構造物の構築方法を開発・実用化した。本稿ではその内容を報告する。

キーワード：送電線、近接施工、事故防止、レーザー式警報システム、球面リフレクタ、制限エリアの構築方法と構造物の構築方法

1. はじめに

本工事は、第二京阪道路事業の中で交野市星田北地先から寝屋川市寝屋地先まで、専用部上下線のPC16径間連続箱桁橋（橋長592m）の上部工事を、平成19年3月から平成21年3月まで約24ヶ月間にわたり、設計施工一括で担当したものである。

作業ヤードは、周辺のほとんどが田畑に囲まれているものの、中央部にはこの地域の主要な生活道路が横断している。このため、専用部は連続高架橋、大阪北道路は立体交差、側道および歩道部は平面交差となり、作業ヤードの横断は起伏に富み、かつ狭隘な形状となっている。また、作業ヤードの上空には、送電線が鉄塔間約600mにわたり鋭角に横断占有している（図-1）。さらに、この送電線は作業ヤードから約26～31m、橋面上から約18mと非常に低い高さで、7万

7千ボルトの高い電圧で送電している。これにより、送電線事故防止が本工事における安全管理の最も重要なポイントである（図-2）。

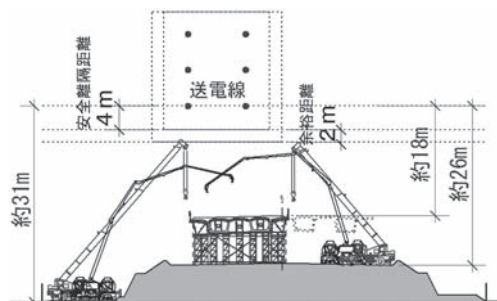


図-2 工事断面図

2. 従来の安全対策

送電線近接施工における従来の安全対策には、以下

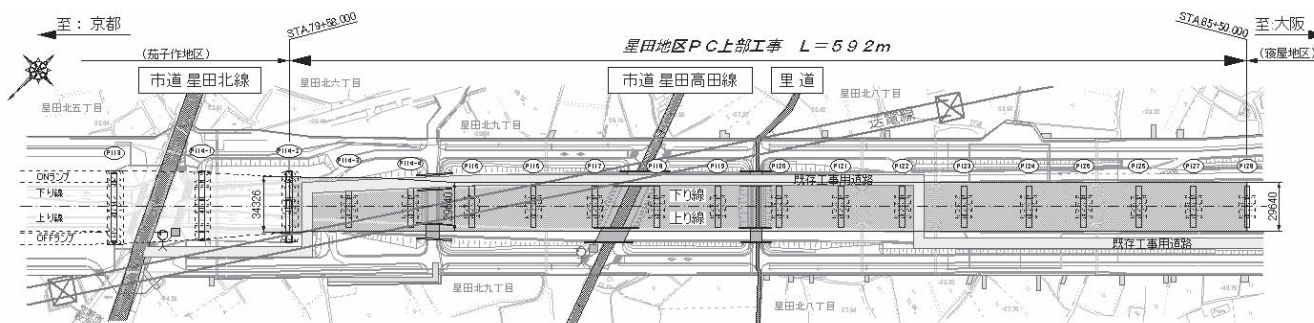


図-1 工事平面図

の対策があり、送電線管理者と工事施工者は、現地条件や工法・機械・手順等に関する着工前打合せにより二重の安全対策を選定し事故を防止する。

- ①監視人による作業監視
- ②安全領域ロープによる制限エリアの明示
- ③警報システムによる制限エリアの構築
- ④制限装置付き建設機械による施工

3. 本工事における問題点抽出と技術的課題

本工事では、設計段階から発注者を含め管理者との安全対策打合せを開始したが、現地条件から以下の問題点が抽出された。

- ①周囲に既設高層構造物がないことや作業ヤード地盤に監視やぐらを設置できないことから、送電線高さ付近における「監視人による作業監視」、「警報システムによる制限エリアの構築」が適用できない
- ②送電線が鉄塔間約600mにわたり架空しているため、「安全領域ロープによる制限エリアの明示」は風や温度等によるたわみがあるため適用できない
このため、施工STEPごとの建設機械の安全対策について検討を行った。その結果、制限エリアを構築するための技術的課題が明確となった(図-3)。ここで、工事初期の監視人は、送電線下方からの監視となるため、特殊双眼鏡により離隔監視を行うものとした。

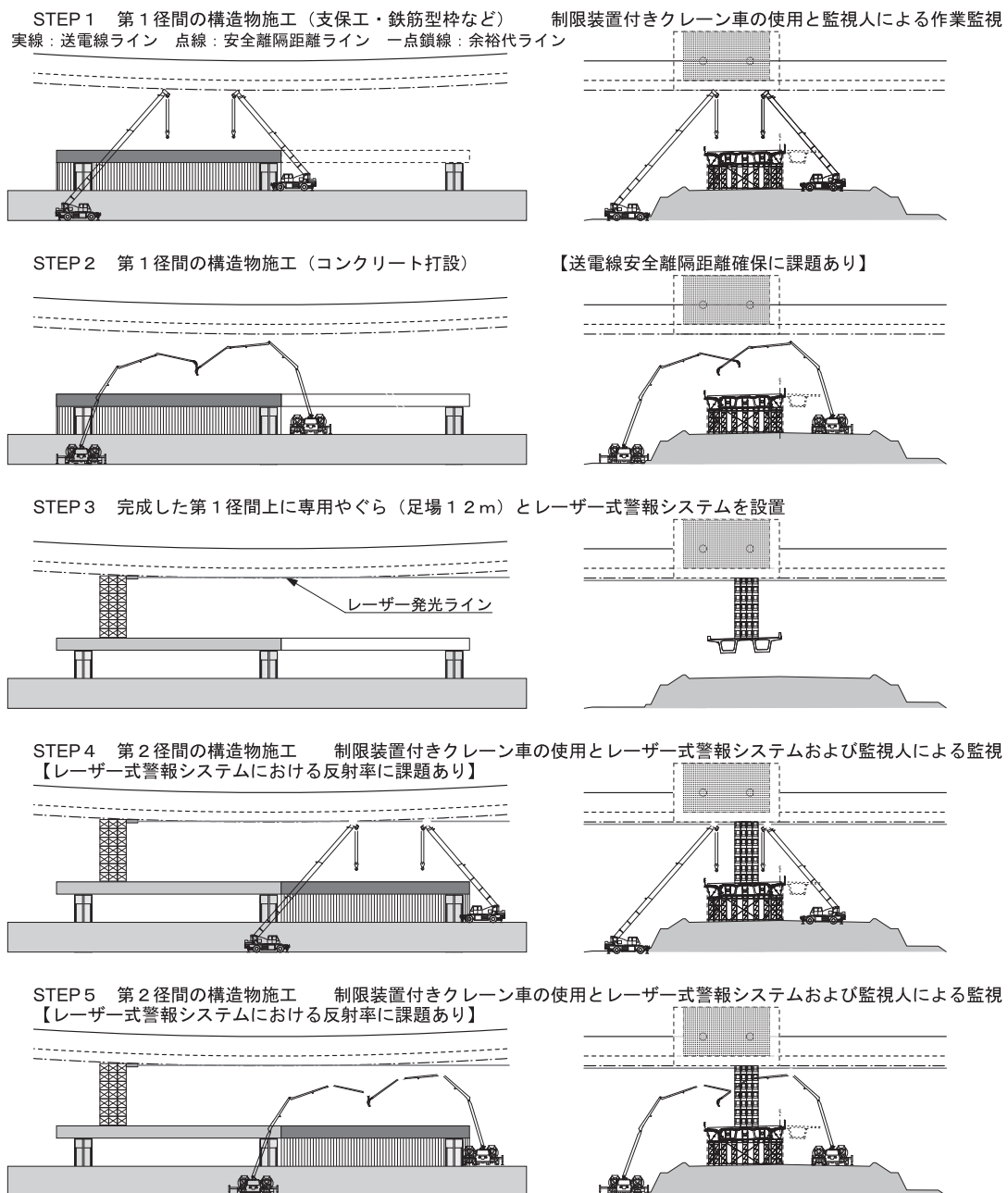


図-3 施工STEPごとの安全対策

(1) 制限装置のない建設機械の安全対策

工事初期段階の施工STEP2では、橋桁のコンクリート打設にポンプ車を複数台使用する。しかし、ポンプ車は制限装置を装備していない建設機械であり、制限エリアの構築が欠かせない。従来技術が適用できない中で、新たな技術や創意工夫が求められた。

(2) レーザー式警報システムにおけるレーザー反射率の改善

施工STEP3以降では、部分的に完成した橋桁上の専用やぐらに、レーザー式警報システムを設置する計画である。一般的なレーザー式警報システムは、制限したい水平エリアや垂直エリアに対してレーザー光線を発光し、制限エリア内に侵入した物体（機械・材料・作業員等）に反射することで警報を発信するシステムである（図-4）。しかし、侵入する物体の材質・色・形状や発光機からの距離や死角などにより、レーザー光線の反射率が一定に得られないことがある。このため、より安全なシステムの構築が望まれ、レーザー光線の反射率が一定に得られるよう改善が求められた。

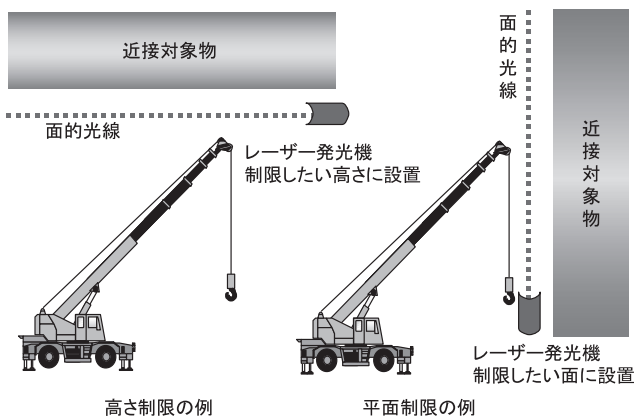


図-4 レーザー式警報システムのイメージ

4. 技術的解決策

(1) 制限装置のない建設機械の安全対策

従来の安全対策技術の中で、目視確認ができる「安全領域ロープによる制限エリアの明示」は、実績が多く効果的に作業制限を可能とする方法である。しかし、本工事には適用できないと判断されていた。そこで、工事初期のSTEP1から使用する制限装置付きクレーンにより、「場所と日時を限定した安全領域ロープの明示による制限エリアを構築」する技術を考案した。制限装置付きクレーンは、あらかじめ作業動作の高さや角度・半径等を自由に制限することができる。これにより、安全かつ効率的な安全領域ロープによる制限

エリアの明示が実現できる。これは、発想の転換による従来技術からの創意工夫である。実施工での実用化にあたり、明示ロープは100m程度の絶縁仕様として感電対策をし、管理者立会いのもと施工に臨んだ。この結果、安全かつ効率的な対策であると評価された。作業時に限定したやぐら等による方法と比較してもコストも含め優位であることから、その後も適宜採用している（写真-1）。

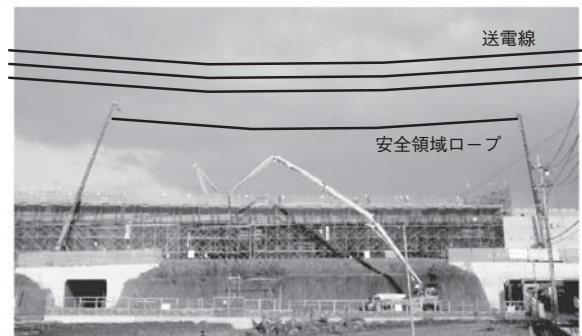


写真-1 制限装置付きクレーン2台を使用した安全領域ロープの明示

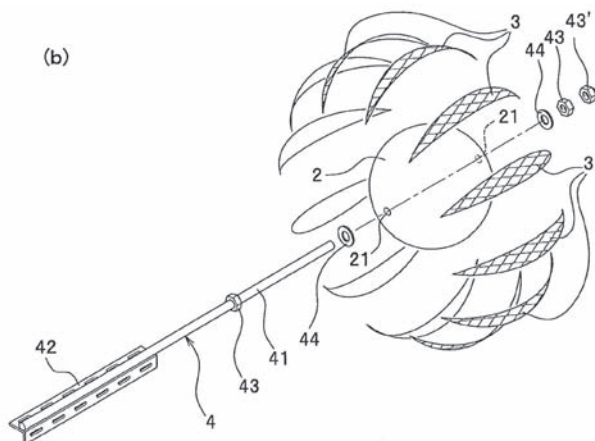
(2) レーザー式警報システムにおけるレーザー反射率の改善

レーザー光線の反射率を一定にするための従来技術として、平面リフレクタ（反射板）を建設機械等に貼り付ける方法がある。しかし、リフレクタが平面であることから、建設機械に取付けた場合、角度の制限から反射できない死角を持つことになる。これにより、レーザー式警報システムの完全な改善にはならない。そこで、建設機械の伸縮・起伏・旋回といった3次元的动作に対しても死角を持たないように、球面体にリフレクタを貼り付け、その球面リフレクタを建設機械の所定の位置（制限エリアに最初に侵入する可能性がある部位）に取付けることで、レーザー光線の反射率を一定にする技術を考案した（写真-2）。球面体には、



写真-2 球面リフレクタ

軽量かつ安価に製作できるように、汎用品の地球儀の球体部分を採用している。また、建設機械に取付けた球面リフレクタの飛来落下災害を防止するため、クランプと落下防止ワイヤー等の二種類の取付け金物を使用できるように工夫している（図一5、写真一3～6）。この球面リフレクタの実用化に向けては、管理者立会いのもとで実証試験を行い、性能を確認した上で本施工に適用した。



図一5 球面リフレクタ製作概要図



写真一3 クレーンへの球面リフレクタ取付け例



写真一4 球面リフレクタ取付けクレーンによる施工状況



写真一5 ポンプ車への球面リフレクタ取付け例
※ブームが屈折する機種には2箇所以上取付



写真一6 球面リフレクタ取付けポンプ車による施工状況

5. 実用化後の発展と展開に向けた取組み

本工事で実用化されたそれぞれの技術的解決策を、施工STEPごとの安全対策に反映すると、制限エリアと構造物の構築の双方がうまく確立されている。このため、これらの総合的な安全対策技術を、「制限エリアの構築方法と構造物の構築方法」と定めた。

(1) 工事中盤での技術発展

工事中盤には、送電線に最も近接し、影響範囲も広範囲となる。既にこの時期には改善された安全対策技術が実用化され、発注者・管理者・施工者の安全管理体制も構築されていた。しかし、送電線と工事構造物の離隔が小さくなるにつれ、作業可能領域が狭まり、現場作業員から、更なる安全と安心が強く望まれた。そこで、安全対策に携わる現場作業員による検討会の結果、以下の三重の安全対策が考案された。

- ①「橋面やぐらの監視人による直接監視」
- ②「球面リフレクタを使用したレーザー警報システム」
- ③「橋面やぐらと制限装置付きクレーンを使用した安全領域ロープによる制限エリアの明示」

本報告によるレーザー式警報システムの採用にあたっては、所定の安全隔離に対して必ず余裕隔離を設定し二重の安全対策を計画することや、機械以外の人や材料も検知対象物に含める場合には現場条件と機械特性を考慮して計画すること、検知距離が長い場合には必ずリフレクタを使用することが望まれる。

6. おわりに

本報告で説明したレーザー式警報システムは、送電線・鉄道・道路・構造物等の近接施工の安全対策ばかりでなく、狭隘な場所における機械と機械の接触事故防止対策としても使用されている。開発から約2年が経過した現在では、実績も40件を超え全国展開している。この報告により、さらに多くの方々に参考にし

ていただき、近接工事の災害防止に寄与できれば幸いである。

最後に、工事の安全対策に関して多大なるご指導・ご協力をいただいた国土交通省・関西電力(株)・施工関係者の方々、球面リフレクタの共同開発者である東京通信機(株)大阪営業所の小長谷所長に、誌面を借りてお礼を申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

川田 淳 (かわだ あつし)
大成建設(株)
関西支店
土木部技術室



平成 22 年度版 建設機械等損料表 発売中

■内 容

- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づいて編集
- ・損料積算例や損料表の構成等をわかりやすく解説
- ・機械経費・機械損料に関係する通達類を掲載
- ・各機械の燃料（電力）消費量を掲載
- ・主な機械の概要と特徴を写真・図入りで解説
- ・主な機械には「日本建設機械要覧（当協会発行）」の関連ページを掲載

■ B5判 約 720 ページ

■一般価格

7,700 円（本体 7,334 円）

■会員価格（官公庁・学校関係含）

6,600 円（本体 6,286 円）

■送料（単価） 600 円（但し沖縄県を除く日本国内）

注 1) 複数冊発注の場合は送料単価を減額します。

注 2) 沖縄県の方は(社)沖縄建設弘済会

（電話：098-879-2097）にお申し込み下さい。

社団法人 日本建設機械化協会

〒 105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

Tel. 03 (3433) 1501 Fax. 03 (3432) 0289 <http://www.jcmanet.or.jp>