

ラバーコーン・矢印板自動設置・回収車両

ロボコーン・ロボアロー

中尾和広・貞野昌則

高速道路の維持管理において、車線規制は必要不可欠なものである。しかしその実態は作業員が荷台に乗ったまま人力でラバーコーンを設置・回収しており、非常に危険であること。また重労働である。

このため機械化が望まれており、ラバーコーン・矢印板の自動設置・回収車両を開発、活用している。

本稿では開発経緯と導入後の効果検証、課題並びに今後の展開等について報告する。

キーワード：高速道路，維持管理，メンテナンス，交通規制，安全

1. はじめに

ラバーコーン自動設置・回収車両の技術開発の歴史は古く、36年前にさかのぼる。当時、規制作業員の死亡事故が、開発のきっかけと聞き及んでおり、命の尊さは今も昔も変わらない。

昭和62年（1987）JH日本道路公団により研究開発が始まり、3年後には新明工業㈱がオリジナル設計素案を提出。共同開発が始まった。

翌、平成3年（1991）には試作車を制作・検証し、実用試験を開始。平成5年（1993）には商品化され、以降平成12年まで、20台の車両が製造され実践配備がなされている。

主な特徴は次の通り。

- ・安全機能は、立入禁止区域にセンサー等をつけて動作停止、非常停止ボタンを設置、カメラ等で死角の改善を行っている。
- ・専用のラバーコーンに3タイプで下部土台に切り欠きを設けて、確実な設置・回収ができるように工夫している。コーンの重さは、約3.8～4.5kg（ゴム製&樹脂製）
- ・改良最終車両は、路肩規制にも対応できるよう、車幅1,700～1,800mmとしている。

こうして配置した車両であったが、当時の意識として、それぞれの部署で「費用が掛かりすぎる。」「面倒である。」「本当に必要なのか。」といった思いが複雑に絡みあった中で、別途標識を運ぶ車両が必要であり、負担増となることから、普及には至らなかった。

その後のJH日本道路公団の分割民営化とともに、忘れられようとしていたのである。

しかし分割民営化によって生まれたものもある。

高速道路の維持作業を行う、協力会社のグループ化である。こうして生まれた西日本高速道路メンテナンス九州㈱は、その存在意義について「高速道路の交通規制のプロフェッショナルになり、他社をリードしていく。」というものであった。

初代社長は、トラックのパワーゲートに乗って、規制作業しているのを見て、「車が向かってきたらどうやって逃げるんだ？」と聞いた。だした。

答えようもなく、当時下関で生き残っていた16号車の改良版を制作すべく、新明工業㈱に連絡し「ロボコーン（以下、ラバーコーン自動設置・回収車両という）」の独自開発が始まった。

開発の経緯・履歴

- 1987 JH日本道路公団 研究開発着手
- 1990 新明工業㈱…素案作成
- 1991 試作機制作 評価実証⇒実用化に目途
- 1992 実用試験開始（JH名古屋管理事務所）
- 1993 正式商品車1号車稼働開始
- 1998 16号車納入（JH下関管理事務所）
- 2000 までに20号車まで納入
- 2005 JH日本道路公団分割民営化
- 2006 西日本高速道路メンテナンス九州㈱設立
- 2009 ラバーコーン自動設置・回収車両研究開発再開
- 2010 自社試作車両制作（サブエンジン継承）
- 2013 ハイウェイテクノフェア2013にて
中型ラバーコーン自動設置・回収車両発表
- 2015 小型ラバーコーン自動設置・回収車両誕生

- 2016 ロボアロー（以下、矢印板自動設置・回収車両という）開発開始
- 2018 矢印板自動設置・回収車両誕生
- 2021 矢印板自動設置・回収車両標識拡大
- 2022 ラバーコーン自動設置・回収車両
新型小型車誕生
- 2024 ラバーコーン自動設置・回収車両
回収時自動運転機能（予定）

2. 人力規制の実態と問題点

ここで改めて交通規制の実態と問題点について整理する。

(1) 交通規制作業

交通規制のうち最も代表的な走行車線規制の標準例を図一1に示す。

交通規制作業は大きく3つのパートに分けられる。

最初に予告標識の設置を行う。基本的に1.5 km手前から順次、標識の立標作業を行い、注意喚起及び車線移行を促す。立標作業は路肩のガードレール等を利用して設置していく。

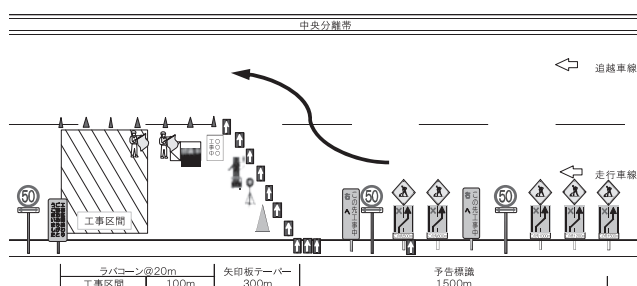
二番目は規制のテーパー部分に矢印板を設置していく作業である。この部分是最も危険な箇所であり、人力で走行車両に留意しながら矢印板を設置していく。その後、ジャンボコーンやLEDライト、バルーン式誘導標識器や標識車を配置し、注意喚起を行う。

三番目としてセンターライン寄りにラバーコーンを20 m間隔で設置する。車線分離を行うと同時に、作業スペースを確保していく作業となる。

今回の機械化では、ラバーコーン自動設置・回収車両が立標とラバーコーンの設置を担当。矢印板自動設置・回収車両が矢印板その他と標識車としての機能を受け持つこととなる。

(2) 人力規制の問題点

人力規制を行う場合の作業方法は、高速道路上にて



図一1 規制標識図

一般車両が走行する中、荷台上に2～3名が乗車し、規制材の設置・回収作業を行っている。また規制作業者は、荷台上から半身を乗り出したり、車体後部作業用ステップ、パワーゲート等を使用し、車両最後部にて手作業を行っている（図一2）。

設置作業においては白線を目印とし、20 m間隔で設置するため、一般走行車両を常に注視することができない状態にある。また回収作業も同様に一般車両を常に注視することができない。

前述から次のような重大事故の危険が潜んでいる。

- ①荷台上での転倒及び墜落の危険性
- ②設置用ステップ、ゲートからの墜落の危険性
- ③一般走行車両不注意による事故の危険性

また次のような労働環境での重労働となっている。

- ①コーン重量4.5 kgの設置・回収連続作業による疲労
 - ②無理な態勢での連続作業による疲労の増大
 - ③悪環境（排ガス、悪天候）での作業による体調悪化
- その他、運転手を含め3～5名による作業で多人数作業となっている。



図一2 ラバーコーン設置・回収作業

3. 開発の狙いとテーマ

このような実態を踏まえ、開発の狙いとしては、

- ①運転手1名による設置・回収作業の実現
- ②荷台作業員0名（全自動化）により省力化と安全を確保する

開発テーマとしては2点、

テーマ1：現車両機構をベースに、

- ①規制標識を16枚程度搭載できるようにする。
- ②ラバーコーンの自動セット数を規制延長4 kmまで対応する。

テーマ2：新たな技術開発としての目標を、

- ①設置速度15 km/h、回収10 km/h
- ②規制標識は16枚搭載したうえで、路上で作業員に鉛直方向で手渡しできる仕組み
- ③衝突緩衝装置を装備する（現在まで未達成）に設定し、開発を進めた。

平成22年（2010）、このようなテーマで開発された

自社試作車については、標識を16枚搭載し昇降装置を付けたものの、自動セット数は2km、設置速度は10 km/h、回収8 km/hと目標達成には至らなかった。それでも平成29年まで稼働し、ついには役目を終えた(図-3)。



図-3 自社開発ラバーコーン自動設置・回収車両試作車

4. 第二世代車両

試作車については、基本的な機構を前身の車両をベースとしており、ラバーコーンを掴むアームの動力をサイドPTO+サブエンジンで対応していた。

目標達成のための更なる性能アップについては基本的な機構の見直しが必要となり、現行のエンジン出力によるフライホイールPTOに変更した。

この変更により、性能アップが図られ、標識18本搭載、設置速度は15 km/h、回収10 km/hと目標達成。ラバーコーンは300本(約6 km分)積み込むことが可能となった。こうして平成25年のハイウェイテクノフェアでデビューした(図-4)。



図-4 中型ラバーコーン自動設置・回収車両

5. 矢印板の自動設置・回収車両の開発

交通規制の起点部に矢印板を斜めに設置・回収していくための車両の開発はラバーコーン自動設置・回収車両の開発がひと段落した平成28年(2016)から始



図-5 矢印板自動設置・回収車両と専用矢印板

まった。構想から細かな仕様を定め、2年後には商品化されている(図-5)。

開発のポイントは3点

- ①矢印板を設置・回収していく機構の開発
- ②矢印板を検知・認識する仕組み
- ③上記を踏まえた特注矢印板そのものの開発

いろいろな案を検討した中で、まず矢印板を設置・回収するためのアームが入るようにスリットを入れた。

ストックコンベアからアームで移動させ、設置と収納時に180度回転させる方法とした。

矢印板を検知・認識する仕組みは、レーザーセンサーを用いた。地上10 cmの位置に水平にレーザーを飛ばして、車両後方幅2 m×長さ3 m範囲内を解析し、そのスリット寸法・間隔と合致するものを矢印板と認識させた。それ以外は障害物として人物ととらえ、緊急停止させる安全装置として活用した。

矢印板の脚については、かさばらず収納しやすいこと、設置時に風等で倒れたりしないよう重量を持たせた(約15 kg)。

令和2年には、標識の大きさを1,280×680(単色)から1,280×1,280(3色)と標準タイプに変更し、大きくなった標識の昇降装置を新たに追加した。

6. 交通規制の機械化手順

ラバーコーン自動設置・回収車両および矢印板自動設置・回収車両による交通規制の機械化の方法について述べる。

まず車両基地で始業点検を行い基地を出発。縦走にて最初の規制標識設置地点まで移動し、路肩に停車。矢印板自動設置・回収車両が盾になる形で、ラバーコーン自動設置・回収車両の標識収納装置を起し、人力にて標識をガードレールに固定する。

この作業を順次、所定の場所で行っていく(図-6)。標識を立て終わり、規制先端まで来たら、一旦矢印



図一六 立標作業の違い

板自動設置・回収車両にボタンタッチする。

実はこの矢印板を設置する作業が一番危険である。

予告標識ですべての車が車線移行してくれるわけではなく、矢印板を見て初めて回避行動する車も少なくない。このため、旗振りの規制作業員が手前路肩で手旗を振りながら、矢印板自動設置・回収車両にて順次矢印板を置いていく（図一七）。斜めになる部分は、車内でモニターを見ながらずらして設置していく。最終的には向きやずれを規制作業員が微修正する必要があるものの、すでに矢印板が設置されている状況なので安全性は高まっていると言える。

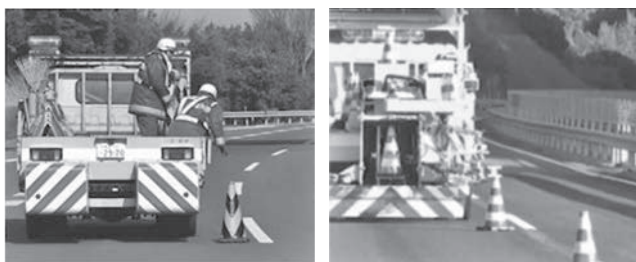
その後、ジャンボコーンやLEDライト、バルーン式誘導指示器をセットし、矢印板自動設置・回収車両を標識車としてその場に配置する。

その後は再度ラバーコーン自動設置・回収車両の順番である。

センターライン寄りにラバーコーンを20m間隔で設置し、最終地点で工事区間完了と速度規制の終わりの標識を設置し規制作業の完了となる（図一八）。



図一七 矢印板設置作業の違い



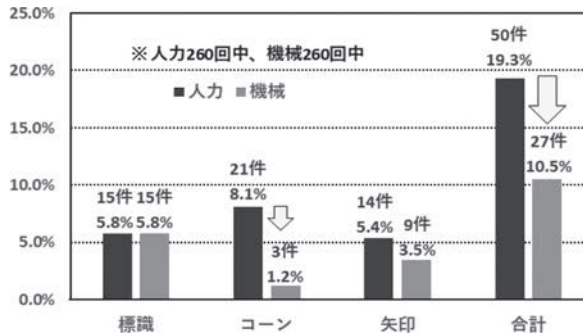
図一八 ラバーコーン設置の違い

7. ラバーコーン自動設置・回収車両の有効性

令和2年度において、車両導入に伴う有効性について検証しているので紹介する。

(1) 安全面での有効性

まず人力作業と機械作業でのヒヤリハットの比較調査を行った。人力、機械ともに260回規制をかけた際のヒヤリハット回数を比較した（図一九）。



図一九 ヒヤリハット発生率

その結果、人力では50回、機械では27回と減少し、1/5から1/10に半減した。

人力の場合の内容は、コーン設置時、バランスを崩し荷台より落下しそうになった。長距離の設置及び回収の際、疲労により腕に力が入らずコーンを落としそうになった。ということで、人身事故につながる内容であった。一方機械の場合の内容は、コーンや矢印板設置時、一般車に追突・接触されそうになった。という内容であり、物損で収まる可能性が高くなり、規制作業員の安全性確保の観点としては有効である。

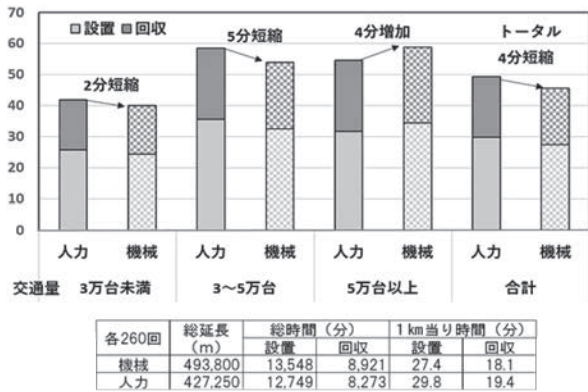
(2) 負担軽減の有効性

次に負担軽減になっているかの検証であるが、規制作業員さんは「人力のほうが早い。」と言い、実際にそんな色があるのかどうか検証した。

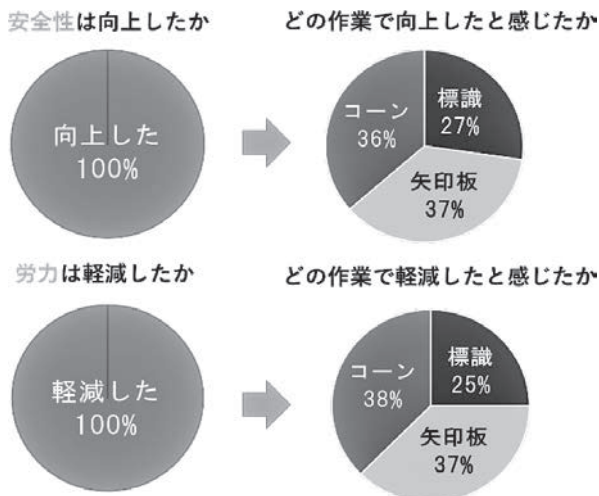
前述の各260回分の規制総延長と、トータルの時間から、1km当たりの規制設置回収時間を算出し比較した（図一十）。

その結果、交通量が5万台/日以下は時間短縮効果があり、5万台以上の場合やや増加傾向であったが、これは、コーンの転倒やずれなどが生じないよう、少し慎重に作業を行ったためと思慮され、慣れればそんな色ないレベルで設置可能と思われる。また合計での時間を比較すると短縮されており、人力と同等以上と言える。

なお、二世世代ラバーコーン自動設置・回収車両の基



図一10 規制1km 当たり設置回収時間 (分)



図一11 規制作業員アンケート

本性能として設置速度は 15 km/h、回収 10 km/h と目標達成。と謳っているものの、物理的な動作的には可能であるが、コーン設置時のずれや転倒等を考慮すると、実作業速度の限界は 12 ~ 13 km/h であると思慮される。

また負担・疲労軽減の有効性については、実際に従事した規制作業員さんにアンケート調査を行った。

全員が「安全性が向上した。」「労力が軽減した。」と回答。内訳的には、ラバーコーン、矢印板、標識とほぼ3等分され、標識は少し低い結果となっているが、これは、標識の上げ下げに少し時間を要するためであると思われる (図一11)。

8. 機械化の課題及び今後の展開

安全面及び負担軽減の有効性については認められるものの、導入後に様々な課題も見つかった。

(1) 導入後の課題

まず導入時に、「操作方法がわかりづらい。トラブ

ル時の対処方法がわからない。」というものである。

納車時に一通りの手順について説明しているものの、慣れや経験が必要である。特に実際に作業される規制作業員さんが現地に対応できず、「故障が多い。」の声も多かった。現在では現地講習会やその後のLINEでのやり取りなどで対応している。

そのほか機器・機構についても数々の不具合等が発生したが、改良に改良を加え12項目にも及ぶ改善を行っている (内容割愛)。

また導入当初は故障時の修理に時間がかかる。との指摘があった。導入初期には、想定外のトラブルもあり、部品の調達が遅れていたが、故障頻度の高い部品は、在庫を確保することにより、修理期間の短縮を図っている。

なお、ラバーコーン自動設置・回収車両はリース提供しているが、その契約の中で、3ヶ月ごとに定期点検を行うようにしている。その際に動作確認、回転軸のグリスアップを行うことで故障件数は少なくなってきており、現時点では0.5件/台年と、1年に1回・台あるかないかの頻度となっている。

(2) 専用自発光デリネーターの開発

夜間規制やトンネル内規制の場合、自発光デリネーターをラバーコーン頭部にセットする。

人力の場合には、荷台上でその都度デリネーターの電源を入れてセットしたうえで、手渡して設置する。

この作業の為、規制作業員が一人多く荷台に上がる必要が生じ危険性もアップしている。

またラバーコーン自動設置・回収車両で設置する場合、ラバーコーンを設置したのちに、別途デリネーターをセットしていかなければならず、活用が制限されていた。このため専用自発光デリネーターを開発し、現在試行運用中である。

なお、設置・回収時に自動でスイッチ ON/OFF する機能や、転倒警報機能も付加している (図一12)。



図一12 専用自発光デリネーター & 受信機

(3) ラバーコーン回収時の自動運転化 (開発中)

ラバーコーン自動設置・回収車両による回収時の運転操作は、長時間集中力を保つ必要があること。また急な降雨時や夕暮れ時のヘッドライトによる逆光など

で見にくい場合がある。

これらを解消するため、RGBカメラと赤外線カメラの画像をAIにより、センターラインとラバーコーンを認識させ、自動的にラバーコーンを追尾し、自動運転させることを開発中である。

試作段階では時速10kmで1.5mのブレまでは追従可能となっている（図—13）。

令和5年度に試験車両の制作・検証を行い、令和6年度以降、実装する予定である。



図—13 AI認識試験

9. おわりに

土木建設業界での課題は人手不足であり、高齢化が進んでいる。高齢の職人が今後10年で大量に引退する一方、若手の入職者が極端に少ない状況にある。

若手の働き方の意識や価値観の変化、ICT化やDXが叫ばれるなか、交通規制の機械化はなくてはならないものである。

だれでも安全に規制作業ができ、死傷者を出さない交通規制作業を目指して、さらなる開発を進める。

JCMA

【筆者紹介】

中尾 和広（なかお かずひろ）
西日本高速道路メンテナンス九州㈱
工務技術本部
技術開発部長



貞野 昌則（さだの まさのり）
新明工業㈱
自動車事業本部
副本部長

