

35. RFID方式を使用した舗装用建設機械の安全対策

(株) NIPPO 総合技術部 ○ 宮本 多佳
(株) NIPPO 総合技術部 相田 尚

1. はじめに

建設業における労働災害は、「墜落・転落」、「重機災害」、「倒壊・崩落」といった三大災害による死亡者数が依然として多く、全体の63%を占めている¹⁾。道路舗装工事においては、重機による災害が特に多く、その中でも常に前後進しながら作業をする転圧ローラの死角に入った作業員が轢かれるといった事故も少ない。また、こういった重大事故は殆どがヒューマンエラーに起因していることが多いと言われている。

そこで、近年普及している「予防的安全対策技術」の検討を重ね、RFID（磁界個体識別）方式を利用したローラの自動停止装置を開発した。本稿では、その開発概要と、同様のシステムによる応用技術について述べる。

2. 従来の安全対策の課題

建設現場においては、様々な重機が使用されている。多くの建設機械は過去の事故の経験から教訓を得て安全装置が装着されており、特に音による警報装置が多く装着されている。それらの装置についての課題を調査した。結果を整理すると以下のとおりであった。

- ①警報が鳴る頻度が多いと慣れによる認知度合いの低下
- ②夜間工事では近隣の住民に対する騒音対策として、警報装置を切ってしまう
- ③振動体で知らせる等、音に変わる警告装置もあるが、頻繁な充電作業が煩わしい。

以上のような課題について対応を検討する必要があるということが分かった。

3. 開発コンセプト

近年、自動車の分野では、予防安全技術が各社より紹介されている。予防安全技術とは、事故を未然に防ぐ、あるいは被害を軽減させる支援を行うものであり、代表的なものが自動ブレーキと言われる衝突軽減ブレーキである。これは、ヒューマンエラーが起きたとしても車両側のセンサにより、ブレーキを効かせる、さらには停止させるという技術である。

舗装工事において、自動車のように自動で止め

る考え方は、平坦性を求める路面に対する影響、オペレータに対する安全性等を考え、実現してこなかった。さらに、汎用機械であるタイヤローラのほとんどがレンタルやリース車両であり、制動装置の大幅な改造は難しいといった課題がある。

また、社内調査では、死角の多い大型のローラ、中でも比較的作業速度の速いタイヤローラによる事故が最も多く、発生状況の半分以上が転圧時となっている（図-1）。さらに殆どが後退時であり、その被災者の約5割は死亡事故に繋がっている。

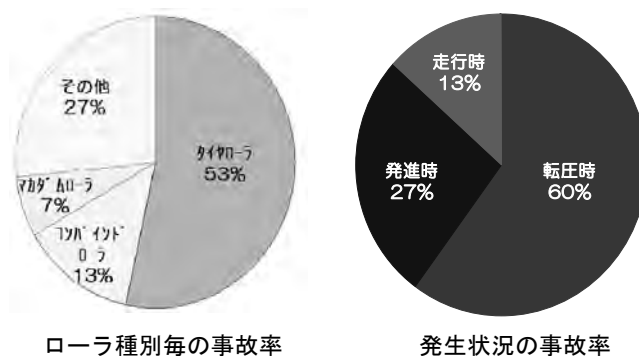


図-1 ローラ種別毎の事故発生率と発生状況
(当社内調べ)

このような背景から、重大災害をなくすためには本質的な安全対策技術が必要と考え、対象を15tクラスタイヤローラとし、開発コンセプトは以下の2点として着手した。

- ①後進時に作業者を検知した場合、ローラを自動的に停止させる。
- ②大幅な改造をせず、レンタルあるいはリース機に容易に取り付けが可能とする。

4. タイヤローラ自動停止装置の概要

(1) 人物の検知方法

従来の技術で多いのが、超音波反射方式、赤外線反射方式、トランスポンダ方式（超音波、赤外線）である。このうち、トランスポンダ方式はレスポンスを装着した人物のみを検出できるが、前述した受信機の充電等の課題もある。

そこで、様々な用途で活用が広がっているRFID（Radio Frequency Identifier）を採用した。RFID

とは磁界を利用した固体識別方式であり、この RFID 方式には色々な種類があるが、特定の磁界に侵入したときのみ送受信できるセミアクティブ型 IC タグ (写真-1) を採用し、これをヘルメットなどに装着させて人物のみ検知させる方法とした。常に電波を発信しているアクティブ型に比べて電池が数年単位と長いことが特徴である。また、超音波や赤外線方式と比べ、金属に多少影響を受けるものの、雨や視界、ほこり等の使用環境に対する信頼性が高く、誤作動もほとんどないのも特徴である。



写真-1 セミアクティブ型 IC タグ

(2) ローラの停止方法

前述したとおり、タイヤローラはレンタルやリースがほとんどであり、どのような機構にするかが課題であった。そこで数種類のローラを準備し、制動方法と制動距離について比較試験を行った (図-2)。

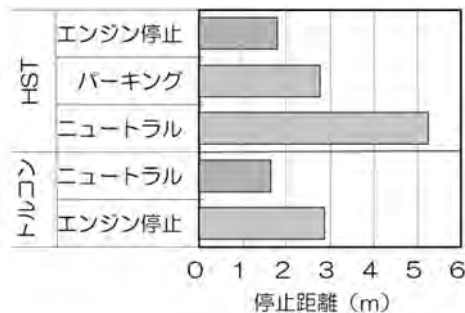


図-2 制動距離の比較 (時速 8km/h, 後進時)

現在主流となっている油圧式動力伝達装置 (HST) を搭載したローラでは、エンジンが停止すると作動するネガティブブレーキも標準装備されている。およそ 8km/h で走行している場合に、もっとも安全で、かつ早く停止させる方法として、エンジンを止める方法を選択した。

この方式では、スタータキーを強制的に回転させる装置 (写真-2) をキーシリンダ部分に取り付けるだけで良いので、油圧回路の改造が不要となり、ローラメーカーや



写真-2 キー回転装置の装着状況

機種を問わない。

(3) システムの概要

タイヤローラに取り付けた 2 台の磁界発生装置により、合成された立体的な磁界エリアを形成する (図-3)。これにより、ローラの後進方向以外にいる作業員には反応することがない (図-4)。

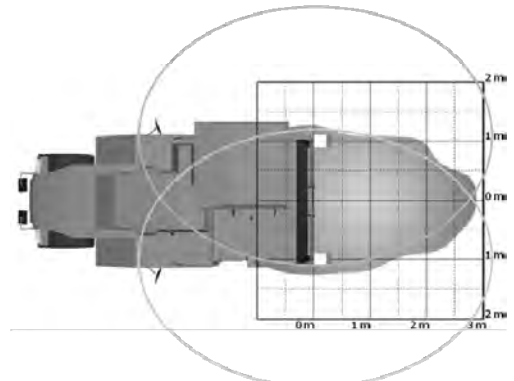


図-3 磁界の合成エリア

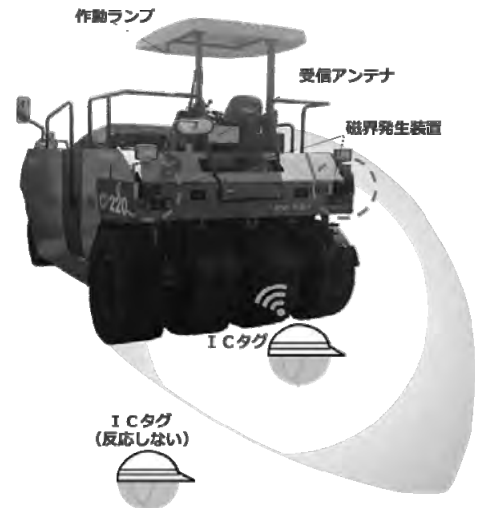


図-4 ローラ自動停止システムの概要

磁界エリア内に IC タグが検出されると、IC タグから電波が発信され、キー回転装置へと信号が伝わり、エンジンが停止するとともにネガティブブレーキが作動してローラも停止する。当装置が確実にセットされているかは、キー回転装置内のセンサにより検知され、タイヤローラに設置された作動ランプを点灯させることで、外部からでも確認できる。なお、磁界は後進時のみ発生するため、不必要な自動停止はしない。

(4) 実証試験

ヘルメット内に IC タグを格納したマネキンにより、あらゆる姿勢での検証を行った (写真-3)。磁界の大きさを調整することで、タイヤローラ側面で作業する人物がいる場合はそのまま通過し、タイヤローラの後方にいる場合は、時速 8km/h 以

下であれば直前に停止することを確認した。



写真-3 マネキンを利用した実証実験

(5) 現場への導入

現在まで、複数の現場にて稼働中であるが、これまで誤作動などの不具合は発生していない。

このような安全装置は自動車のエアバッグのようなものと同様で、危険な状況時のみ作動する。そのため、導入時の教育やデモンストレーションが最も重要である（写真-4）。



写真-4 現場での稼働状況

また、バンパー付きのタイヤローラ（写真-5）に装着し、2重の安全対策を取っている例もある。



写真-5 バンパー付きタイヤローラへの装着状況

5. RFID を利用したアスファルトプラントでの安全対策

(1) ホイールローダの自動停止システム

アスファルトプラント（以下 AP）内で材料の供給用に稼働するホイールローダは、狭い敷地内で頻繁に動き回るため、ローラ同様事故が多い機械の一つである。したがって、従来より反射式赤外

線センサ又は反射式超音波センサ、バックアラーム、バックカメラを使用している。しかし、ホイールローダは、ローラに比べ後進時の速度が速く、警報で鳴ってから停止までの空走距離と制動距離が大きいため、間に合わないケースが想定される。まずは、前述したタイヤローラ同様に RFID による停止システムを追加し、エンジン停止によるネガティブブレーキを作動させる方法で試験を実施した（写真-6）。



写真-6 ホイールローダ自動停止試験状況

その結果、速度が速いうえに、サスペンションや大きなタイヤによりクッション性が良いので、停止時の衝撃が大きいことが判った。そこで、ICタグからの信号で、フットブレーキを押し込む「ブレーキアシスト」機構にした（写真-7）。通常、大型のホイールローダの場合、フットブレーキは左右2つ装備されており、この内左側のフットブレーキ側にパワーシリンダを増設し、チェーンにて引っ張る。パワーシリンダの場合、ある程度ゆっくりとした速度が得られ、急制動にならない利点がある。また、チェーンで引っ張る構造なため、通常の足で踏むブレーキ操作は全く影響を受けない。また、これらは全て外付けであるため、複雑な改造を必要としない。

磁界の範囲は、制動距離が長いことから、約4m程度とローラに比べ大きくとることとした（写真-8）。

現在、実用化に向けて試験運用中である。



写真-7 パワーシリンダを使用したブレーキアシスト装置



写真-8 ホイールローダの磁界有効範囲

(2) 危険エリア侵入通知システム

APでは特にメンテナンス時の非定常時作業での事故が発生している。監視カメラで確認できない位置での作業では、無線機や携帯電話で作業者の位置を確認するしかない。またAP稼働中ではAP内での騒音が大きく無線機等が聞き取れず応答できないことが多い。そこでローラ、ホイールローダで使用したRFIDによる従事者の位置情報監視システムを開発した(図-5)。

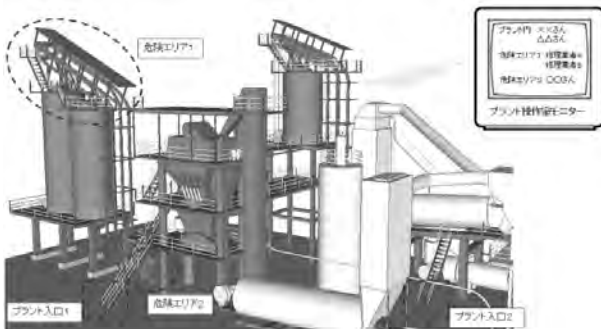


図-5 位置情報監視システム概要

ICタグは個別にIDが付与されているため、危険エリア(写真-9)やAPの各出入口(写真-10)に磁界発生装置を設置しておけば、作業者等がどこにいるかが操作室内から確認でき(写真-11)、作業者が危険エリアに侵入した場合に注意喚起することが可能である。



写真-9 危険エリアに設置した磁界発生装置(合材サイロ内)

また、工場従事者以外の修理業者や、資材納入業者にも、入場時に必ずICタグを貸し出すことで、事務所にいながら居場所を把握できる。現在、1工場で検証中である。



写真-10 出入口に設置された磁界発生装置



写真-11 危険エリア侵入監視システム表示画面

6. おわりに

安全に対する技術は年々進歩しており、特に自動ブレーキに代表される最近の自動車に関する安全対策技術の進歩はめざましいものがある。建設業界においては、長年3K、5Kといわれる業界であり、少なくとも危険な作業が多いというイメージを払拭するためにも予防安全技術はさらに追求していく必要があると考える。

今回開発したシステムは、WSシステム(Worker Safety System)と命名し、全国に普及させる予定である。しかし、あくまでも補助的なツールであり、基本的なルールを徹底することや従事者の意識を向上させることが大前提であることには変わらない。こうした技術が1件でも多くの重大災害の削減に寄与できれば幸いである。

参考文献

- 1) 建設業労働災害防止協会, 建設機械施工 Vol67 No.5 May 2015, pp4-7