

小型振動ローラ向け衝突被害軽減アシスト装置

山口 滋彦

道路施工では人と機械が接触する災害が多いため、衝突を回避または被害軽減をアシストする機能を搭載した小型振動ローラの運転支援装置を開発した。本装置は機械を停止させるだけではなく、作業性や現場での使い易さを考慮し、警告・減速・ブレーキ作動の3段階の制御で急制動を避け施工面の異常発生を防ぐことにも配慮した。さらに運転者に対しモニタでシステム状態を表示し、周囲作業員や管理監督者に対しては回転灯やブザー音で作動状況を通知できる装置とした。

キーワード：道路施工、小型振動ローラ、運転支援装置、モニタ、回転灯

1. はじめに

全産業における死亡災害の発生件数は年々減少傾向にあり、建設業も減少しているものの、全産業に占める死亡災害の発生件数の割合は約30%と高い状態が続いている。建設施工は建設機械を使用した屋外での作業が多く、作業環境は工程の進行とともに変化し、建設機械と作業員が現場内で同時に作業を行っていることなどから、災害が発生し易くなっており、建設機械の安全性の向上が求められている。また、近年、我が国では少子高齢化による生産年齢人口の減少が続いており、特に建設業においては、技能労働者の高齢化が進み、深刻な人手不足が続いている。このため現場の労働環境の改善を図り、高齢者や習熟度が低い作業員でも安心して作業ができるように安全性の向上とともに作業性や使い易さも考慮した機械が求められている。

2. 開発概要

(1) 背景

小型振動ローラが主に使用される道路舗装工事では、アスファルトフィニッシャーによるアスファルトの敷き均し直後に作業員が端部の処理やマンホール部の段差を滑らかにする「すりつけ」施工を行っており、敷き均し後の転圧作業では締固め機械と作業員との接近が避けがたい作業環境にある。また、道路舗装工事は供用された道路での維持修繕工事が主流となり、狭い作業範囲内での工事が多く、都市部では交通開放時

間の制約の中で時間との競争で作業を進めるという業界特有の事情もあり、締固め機械による作業員との「激突され」および「はさまれ・巻込まれ」事故が多く発生しており、事故に占める割合も高くなっている（図1）。

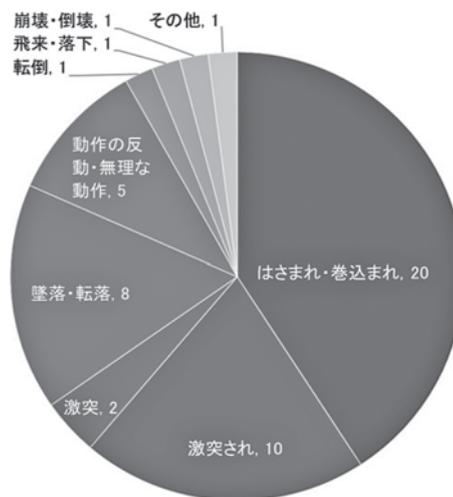


図1 締固め機械の事故の型の割合¹⁾

このような状況の中、小型振動ローラは、障害物を検知すると回転灯やブザー音などで運転者と周囲の作業員に危険を知らせる装置をオプション装備し、接触による事故防止を図ることができていた。

一方、近年は乗用車において車体に搭載したセンサで捉えた情報から衝突の危険を判断し、状況に応じて運転者に危険を知らせるのみならず、自動でブレーキを作動させることで、前車への追突や歩行者への衝突を回避または被害軽減を支援する装置の普及が進み、

締固め機械においても大型のタイヤローラ・マカダムローラには同様の装置が装備されており、小型振動ローラにも同様の装置の搭載を求める声が高まっていた。

(2) 市場ニーズ

小型振動ローラと作業員との接触による事故を減らすため、市場からの要求である“自動でブレーキを作動させることで、衝突を回避または被害軽減を支援する装置”の導入を検討するにあたり、小型振動ローラに求められる項目を調査した。

小型振動ローラが使用される主な現場は道路工事であり、アスファルト合材の温度低下までの限られた時間内で作業を行っていることが多いことから、誤検知などにより頻繁に装置が作動し、作業が中断するものは受け入れられない。特に機械同士が近づいて作業を行うことが多く、頻繁に停止してしまうのではないかと懸念があった。また、アスファルト舗装の施工においては、急ブレーキによる荷重移動によって転圧輪の跡が残るなど、施工面を傷めてしまうのではないかと懸念も強かった。さらに、運転者が装置の状態がわかるようにして欲しい、また、現場の管理監督者が運転支援装置の作動状態を確認したいとの意見もあった。

なお、小型振動ローラは建設機械の中では比較的小型のもので、運転席からの周囲の視認性は良好であるが、前後進を繰り返す締固め作業の特性から、後進時の振返り動作など運転者にかかる身体的な負荷は高く、転圧輪の端部や各種構造物との接点部など、進行方向以外の注視点が多く、少なからず進行方向が死角となってしまうことがある。機械装置による進行方向の常時監視も市場からの要求であった。これらの実現で稼働現場における接触事故低減に寄与できるものと考えた。

小型振動ローラの運転支援装置に求められる項目をまとめると以下となる。

- ①自動でブレーキ作動まで行い、衝突を回避または被害軽減を図る装置
- ②不必要に作動して頻繁に停止することのない装置
- ③急ブレーキで施工面を傷めることのない装置
- ④装置の制御状態を運転者や周囲者に通知する機能を有する装置
- ⑤作業進行方向の常時監視で運転者の注視点移動による死角を補完できる装置

(3) 開発方針

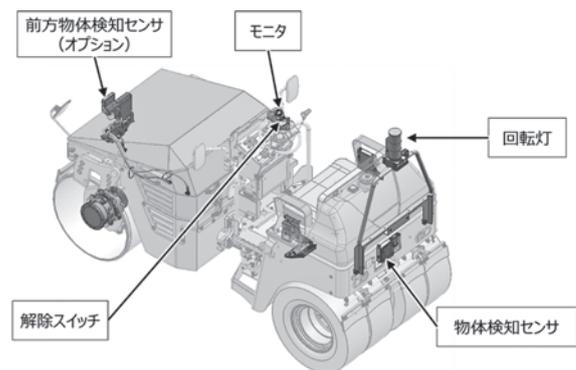
小型振動ローラの運転支援装置を開発するにあたり、調査した要求項目を基に、以下を基本方針として進めることとした。

- ①不必要な作動および必要以上の急制動を防ぎ、安全性と作業性の両立を図る。
- ②通知機能を搭載し、運転者が安心して使用できる運転支援装置とする。
- ③本装置を追加したことにより発生する新たなリスクについて十分考慮する。

3. 衝突被害軽減アシスト装置の概要

(1) 構成

小型振動ローラの運転支援装置の主な構成を（図—2）に示す。①物体検知センサは検知した物体までの距離を測定する。②モニタはシステム状態などを表示し、③回転灯は、周囲作業員および管理監督者に警告や状態を通知する。④解除スイッチは運転者が任意に機能を解除するものである。



図—2 小型振動ローラの運転支援装置の主な構成

(2) 機能概要

小型振動ローラの運転支援装置の機能概要を以下に示す。

(a) 運転者への運転支援機能

- ①物体検知センサにより物体を検知し、衝突発生のリスク度合いにより「警告」から「減速」、「ブレーキ作動」まで3段階の運転支援を行う。
- ②モニタにシステムの状態を表示し、運転者の安全確認の支援を行う。

(b) 周囲作業員および管理監督者への通知機能

物体検知センサにより物体を検知し、衝突発生のリスクが生じた場合に黄色回転灯の点灯+ブザー音による警告を行う。また、運転支援装置が正常に作動する状態の時に緑色回転灯を点灯する。

なお、本装置は前進側にも装着可能なシステムとしている。

(3) 3段階による制御機能

物体検知センサで物体を検知すると、物体までの距離と車速から、図-3に示す制御マップにより、下記「LEVEL1」から「LEVEL3」までの制御を行う設定とした。物体までの距離だけではなく、車速を組み合わせることで制御のタイミングを判断することで、低速になるほど物体に近づくことが可能となり、不必要な制動を減らし、作業性を確保した。また、検知後に物体が検知範囲から外れた場合の解除方法についてもLEVELに応じた設定を行うことで、安全性と作業性の両立を図った。

(a) LEVEL1：警告通知

モニタへの「警告」表示+黄色回転灯+ブザー音による警告

(b) LEVEL2：減速制御

モニタへの「減速」表示+黄色回転灯+ブザー音による警告

(c) LEVEL3：HST ブレーキによる制動制御（停止後駐車ブレーキ作動）

モニタへの「ブレーキ」表示+黄色回転灯+ブザー音による警告

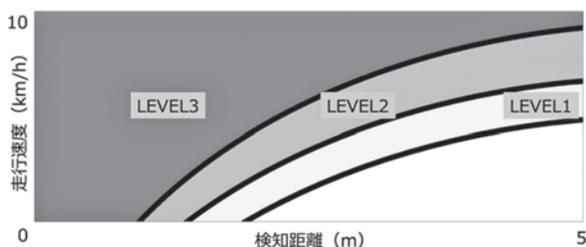


図-3 制御マップ

物体までの距離と走行速度から、衝突被害が発生するリスクがあると判断すると、まずマップの「LEVEL1」ではモニタ表示および黄色回転灯とブザー音による警告を行う。物体が検知範囲から外れると「警告」は自動的に解除され、そのまま作業を継続することができる。さらに衝突被害が発生するリスクが高まると「LEVEL2」となり、自動でHSTブレーキをかけて減速を行う。車速が下がると「LEVEL3」の領域に入る距離も短くなり、物体がより車両に接近するまで「LEVEL3」の領域に入らない。これにより、「LEVEL3」のブレーキ作動前に運転者自らによる制動操作を促す制御としたものである。運転者が進行方向を切り替えるなど、物体が検知範囲から外れると

「LEVEL2」の「減速」制御は解除される。

衝突被害が発生するリスクがさらに高まり、最後の「LEVEL3」の領域に達するとHSTブレーキによる制動を行い、この自動停止後一定の時間が経過すると駐車ブレーキを作動させ車両の停止を維持する。なお、前後進レバーを中立「N」に戻すと制御は解除されるが、再度走行するためには、駐車ブレーキをOFFにする必要があり、誤操作による停止後の急な再始動を防止している。

以上のように作業が一旦停止してしまう「LEVEL3」のブレーキ作動は可能な限り発生させないシステムとすることで、運転者の負担を減らすとともに作業性を確保した。また、「LEVEL2」の減速制御による緩やかな減速と、急減速しないようにマッチングを実施したHSTブレーキによる制動制御の組み合わせにより、施工面の損傷を極力防止するシステムとした。なお、急な飛び出しなどにより、いきなり「LEVEL3」の領域に入った場合には即座にHSTブレーキによる制動制御が作動し、衝突被害の軽減を図っている。

本装置は自動でHSTブレーキによる制動制御まで行うが、あくまでも運転者の運転をアシストする装置である。本装置が故障して作動しない場合があっても、運転者がサービスブレーキとして使用するHSTブレーキは通常通り使用できる構成としており、運転者が意図して行う操作には影響を与えないシステムとしている。

(4) 通知および表示機能

本装置には専用のモニタ（図-4）を搭載し、運転者にシステム状態「正常」「起動中」「解除」「異常」を表示するとともに、「LEVEL3」のブレーキ作動後には解除方法を表示する等のガイダンス機能を持たせ、運転支援を行っている（図-5）。

周囲作業員や管理監督者向けに設けている回転灯

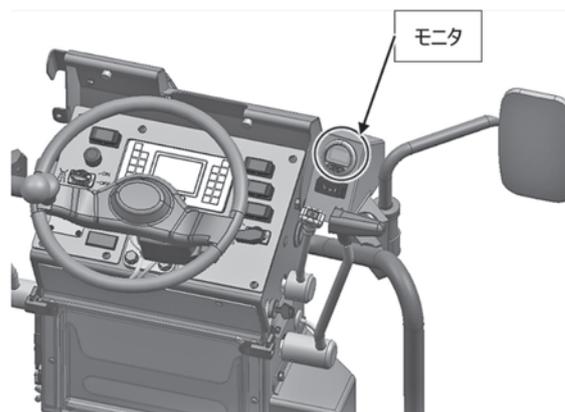


図-4 モニタ



図-5 ガイダンス機能



写真-1 回転灯

(写真-1)は、下段が緑色、上段が黄色の2色の回転灯となっている。システムが正常に作動する状態になっていると緑色回転灯が点灯する。よって、作業中は常に点灯するものであるが、システムの起動中やシステムが解除されている時、異常発生時には消灯し、周囲に本装置が作動しない状態であることを通知する。

黄色回転灯は物体を検知し、3段階のいずれかの制御が行われると点灯し、制御が解除されるまで点灯し続ける。合わせてブザー音でも通知する。また、システムに異常が発生すると、黄色の回転灯のみが点灯し、ブザー音とともに異常を通知する。

(5) その他

解除スイッチ(図-6)を搭載し、運転者が任意にシステムを解除可能とした。これは他の車両から給水を受ける際や壁際の転圧作業、運送車両への積み込みなど、意図的に物体に近づく必要がある時に使用するものであり、解除中であることはモニタで運転者、緑色回転灯の消灯で周囲に通知する。

4. おわりに

市場からの要求が高まっている安全性の向上を図り、かつ作業性にも配慮した小型振動ローラの運転支



図-6 解除スイッチ

援装置の開発の経緯および概要の報告を行った。建設施工における安全性の向上は、作業人員の確保、ひいてはインフラ設備の維持管理に関わる重要な取り組みである。近年、乗用車を始めとして様々な運転支援技術開発が進み、締固め機械においても大型機には同様の運転支援装置が開発され適用されている中、市場からは小型振動ローラにも同様の衝突回避または被害軽減を支援する装置の適用が求められた。今後もこれらの先行する技術を様々な機種に積極的に取り込み、更なる安全性の向上を図っていく必要がある。そのためには、締固め機械特有の現場の作業環境や施工方法を理解し、現場で求められている機能を盛り込みながら、より使い易く、より広く受け入れられる装置へと改良、および新規開発する必要がある。引き続き新たな開発にチャレンジし、締固め機械が使用される建設施工における災害発生の防止に寄与していく所存である。

JCMIA

《参考文献》

- 1) 「令和4年事故型別起因物別労働災害発生状況(12月末累計)」(厚生労働省)(<https://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/tok/anst00.html>)

【筆者紹介】

山口 滋彦(やまぐち しげひこ)
 ㈱日立建機カミーノ
 道路機械ビジネス本部 企画・マーケティング部
 部長

