

転圧ローラのブレーキアシストシステム開発

鹿島道路(株) 機械部 開発・設計課 野田 哲也

1 はじめに

建設業においては、建設機械関連災害の防止に監視装置や警報装置について多くの技術が開発実用されている。しかしながら今なお重機との接触事故は根絶されていない。要因としてはヒューマンエラーによるものが主であり、特に転圧ローラにおいては後退操作時に振り返って目視により後方を確認するため無理な姿勢となり、操作の遅れや判断ミスにより事故に繋がることが懸念される。本稿では、舗装作業に用いる転圧ローラの後退操作時の接触事故防止を目的として開発したブレーキアシストシステムを紹介する。

2 概要

2.1 背景

建設現場で働く建設機械の安全装置は、音による警告装置が多く採用されている。しかし、音を用いる警報装置だと現場作業環境により使用できない状況が発生する。また、警報音を聞いてからの行動に移るまでのタイムラグが生じ、危機回避が間に合わない場合がある。運転員の判断に代わり重機の動きを自動的に止めて、確実な安全を確保する装置は実用化されつつあるものの、実際に現場へ導入するには信頼性の面などに課題を残している。

2.2 ブレーキアシストシステムとは

先に挙げた課題を解消するため、人と物の形状を認識するステレオカメラを採用し、油圧駆動式ローラのブレーキ回路を利用したブレーキ

アシストシステムを開発して社有機械に導入した。

既存の超音波センサと併用し、ステレオカメラの出力による制動と超音波センサによる警報という、2系統のセンサによる安全装置で運転員に危険を察知させ、回避行動をとらせるとともにローラ本体には自動で制動をかける。このシステムは、対象物が排除されても安易に自己復帰させないよう自己保持回路にて制動状態を保持できるもので、例えば途中でセンサの検知信号が途切れたとしても確実に停止できるよう設計されている。ステレオカメラセンサの設置場所により、前後進どちらでも自動ブレーキの機能は発揮できるが、特に後進時の自動制御は有効であり、後方監視に特化した。

ステレオカメラセンサの特性である物体を感知する場合と、人を感知する2段階のセンサ出力信号により、走行用油圧ポンプのサーボソレノイドを中立化することにより制動を掛けるHST(油圧)ブレーキと、ネガティブブレーキを作動させて制動を得る機械式ブレーキを各々作動させる。運転員が制動操作することなく確実かつ柔軟な制動を確保する。

これによりローラ本体や運転員にブレーキショックなどの負荷をかけず、また舗装面にブレーキ痕も残すことなくローラを確実に停止させるシステムである。

3 ブレーキアシストシステム概要

3. 1 構成機器の特徴

ブレーキアシストシステムは写真-1の3つの主要な構成要素からなる。



写真-1 機器構成

① センサヘッド

ステレオカメラで検知した状態の立体的なデータを取り込み、画像情報をエバリュエーションユニットに転送する。

② エバリュエーションユニット

センサヘッドからのデータを3次元データに変換し対象物を見つけたうえ、検知エリア内に存在する物体や人が予め設定された警報領域内で検出されたときブレーキシステムに出力する。

③ ディスプレイインターフェース

ラウドスピーカーを備えた7インチディスプレイインターフェースである。警報メッセージを音と光で運転者に向けて発する。

3. 2 操作の原理

検知エリアの最大範囲は図-1に示す幅4m×長さ6mで、そのエリアの中で2つの異なる検知範囲（ZONE）を設定することが可能である。即ちローラから近距離のZONE1と遠距離のZONE2を設定することができる。

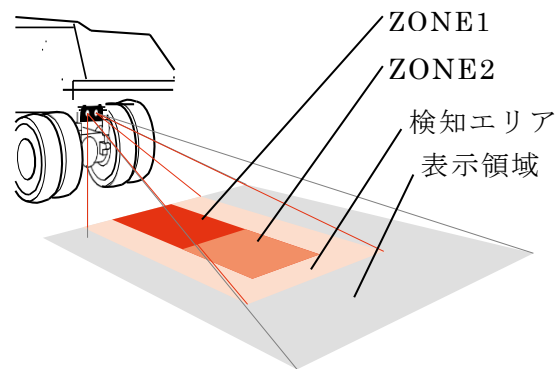


図-1 検知エリアと検知範囲例

図-1のZONE内で対象物が検出されると、ディスプレイに視覚的及び聴覚的に警報メッセージを表示させるとともにブレーキアシストシステムに出力する。検知範囲内の対象物は以下の通りクラス選別し、ZONEごとに設定することが可能である。

① 対象物クラス1

40 cm×80 cmを超える壁や車、その他障害物等すべての対象物を検知する。

② 対象物クラス2

40 cm×160 cm程度の大きさのものを検知。壁などの幅の広い対象物は無視される。対象物を「人」とみなすのは対象物クラス2である。

3. 3 制御方法

ローラからの後進信号を用いて、後進走行時のみブレーキアシストシステムを作動させる。2系統のセンサから出力された2パターン出力信号により、第一段階の警報装置の作動に続いて、第二段階にHSTブレーキとネガティブブレーキを作動させる。自動で作動したブレーキの解除は、走行レバーを中立に戻すことで行われ、走行レバーを戻さなければブレーキ信号が解除された状態でも制動状態を維持する機構となっている。

3.4 転圧ローラへの展開

3.4.1 タイヤローラ

制御方法として、遠距離の ZONE2 で検知した時点で警報装置にて光と音で注意喚起し、同時に HST ブレーキを作動させる。近距離の ZONE1 で検知した場合、ZONE2 で作動した HST ブレーキを自己保持した状態でネガティブブレーキを作動させる。作業速度域が広いタイヤローラは高速段の走行速度域が速く、検知エリアを制動距離が上回ることも想定されるため、高速走行時は後進信号が出力された時点で自動的に低速走行に切替る制御回路を設けた。これにより、高低速のどちらの後進時でも同じ条件での制動を可能とした。

3.4.2 振動タイヤ・振動マカダムローラ

振動タイヤローラと振動マカダムローラにもブレーキアシストシステムを搭載したが、前述のタイヤローラとは作業速度域が大きく異なるため、タイヤローラとは ZONE ごとの制御方法を変更した。振動タイヤ・振動マカダムローラの場合、遠距離の ZONE2 で検知した時点では警報装置にて光と音で注意喚起する。近距離の ZONE1 で検知した場合は HST ブレーキとネガティブブレーキを作動させる。但し、2系統のブレーキを同時作動させる場合はネガティブブレーキの保護を考慮し、HST ブレーキ作動後、若干の時間差を設けて作動させる条件を付加した。

3.4.3 マニュアル操作

道路舗装工事で用いるローラ等は、周りで作業する重機、ローラなどとの混在作業が発生する。その重機、あるいは前後進を繰り返す他のローラを対象物として検知してしまう可能性も少なからず発生する。そこで、後方の安全が確認されていることを前提にブレーキアシストシステムを一時的に解除する機構を設けた。この

機構は運転席横に押しボタンスイッチを設け、ボタンを押しているときのみブレーキシステムを一時的に解除状態にするものである。対象物を検知していたとしても、後方の安全が確認できていれば当該ボタンを押すことにより、後退を継続して行うことができる。端部の転圧時に壁や構造物を検知してしまい後退できない場合や、ローラ駐車位置場所の後方に対象物とみなす物があったとしてもスムーズに駐車することを目的としたものである。これにより、ブレーキシステムのメイン電源を切ることなくブレーキを一時的に解除できるため、システムが常に有効な状態を保つことができる。

4. 制動試験

試験エリアを設定し3種のローラを用い、それぞれの速度域で制動距離を測定し、機能確認試験を実施した。(写真-2)



写真-2 振動タイヤローラ制動距離試験

次頁図-2に示すとおり、タイヤローラはその速度域でも概ね 3.5m以内の制動距離となった。振動タイヤローラ、振動マカダムローラに関してもどの速度域でも 3.5m以内の制動距離となり、それぞれのローラが安全に確実に停止することが確認できた。

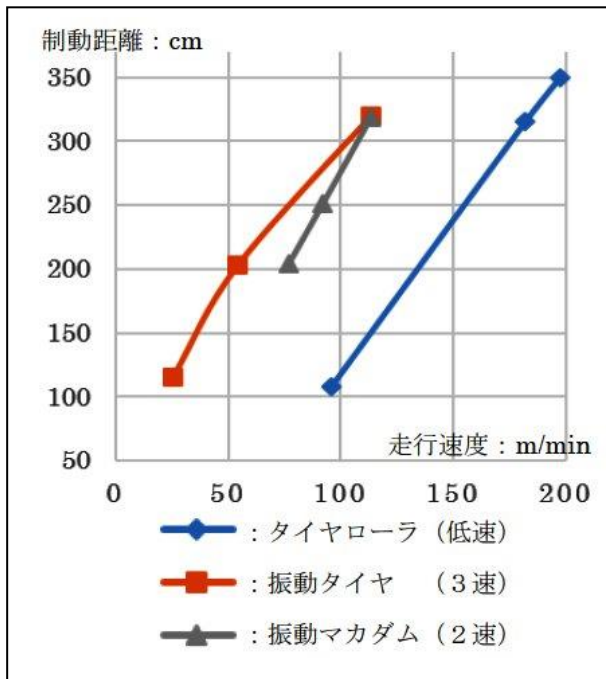


図-2 走行速度と制動距離の対比グラフ

5. 施工現場の紹介

大規模倉庫外構工事において、ブレーキアシストシステムを搭載したタイヤローラを導入した(写真-3)。施工範囲周辺には様々な資材等が置かれた状況であった。対象物として検知する物体に対して誤作動なく作動するか確認したところ、限られた施工範囲の中でも周囲の人と他の重機を異なる対象物として検知し、誤作動なく機能した。



写真-3 外構工事転圧作業状況

また新設高速道路舗装工事における安全対策技術としてブレーキアシストシステムを導入し、4台のローラに取り付け稼働している状況である(写真-4)。この現場においては、人と機械の安全性向上を目的とする装置として高く評価されている。



写真-4 高速道路舗装工事転圧作業状況

6. おわりに

今回開発したブレーキアシストシステムは、ローラを安全かつ柔軟なブレーキの動作で確実に停止できる装置としての機能の確認ができた。労働災害の原因には少なからずヒューマンエラーの影響が存在している。人と重機の安全性向上を目的としたシステムとして、今後その活躍の場を広げていきたいと考えている。本システムの構造はシンプルゆえ自社で保有するローラに限らず、現場でレンタルされている機械にも容易に取り付け可能という側面も備えている。まずは社有機械に標準装備し、今後もシステムの改良を進め、安全性向上、機能性を高めていきたいと考えている。また、ローラ以外の建設機械への展開も検討したい。その効果として、接触事故を原因とした災害が削減できれば幸いである。