

緊急ブレーキ装置（後進用）搭載タイヤローラの開発

酒井重工業（株）技術開発部

○青山 雅規

同

内山 恵一

同

櫛田 成基

同

遠藤 涼平

1. はじめに

i-Constructionの取組として、安全性の向上が掲げられている。建設機械メーカーとして安全に寄与する装置の開発のため、工事事故の調査をおこなった。建設現場における工事事故発生件数は減少傾向にあるものの依然として年間およそ260件の報告がある。¹⁾ 図-1に示すように重機のうちバックホウによるものが約60%を占めるが、転圧ローラに関わる事故比率の合計も全体の約5%を占めている。また、図-2に示す動作状況別のグラフによると、最も事故が多いのは車両後退時であり、全体のおよそ30%を占めている。特にタイヤローラは転圧作業時に駆動輪（後輪）から施工路面に進入し、機種によっては後方視界が悪い場合もある。このことから、後進時における事故の危険性が高いと推察されたので、後進時の安全性向上に寄与する緊急ブレーキ装置を搭載したタイヤローラを開発した。ここでは装置の概要や特徴について報告する。

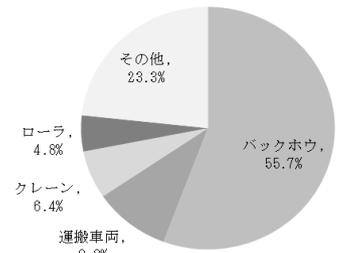


図-1 重機の種類別事故発生¹⁾

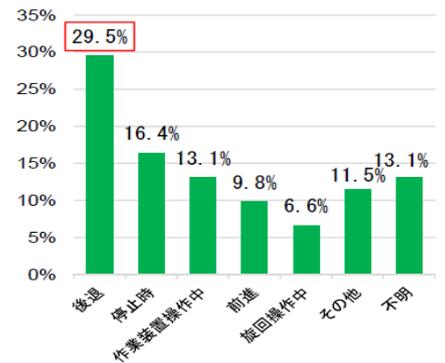


図-2 重機の動作状況別の事故¹⁾

2. 緊急ブレーキ装置の概要

緊急ブレーキ装置の主要機器は、車両後方の3Dセンサ、後方カメラ、後方用スピーカ、運転席用ディスプレイと運転席用スピーカから構成されている。本装置の機能は、緊急ブレーキ機能、バックモニタ、表示と音による警報機能の3つの安全機能（トリプル・セーフティ機能）で構成されている。図-3にトリプル・セーフティ機能の実施具体例を示す。

・セーフティ1：車両後方に取り付けた3Dセンサにより作業員や重機などの対象物を検知した後、衝突の危険が高まっていると判断した時に、衝突回避または衝突被害軽減のために緊急ブレーキを作動させる機能

・セーフティ2：車両後方に設置した後方カメラにより撮影された画像をディスプレイに常時モニタすることにより、運転者の後方監視を支援する機能

・セーフティ3：ディスプレイの表示とスピーカからの音声や警報音を使用した運転者と周囲作業員への警告機能

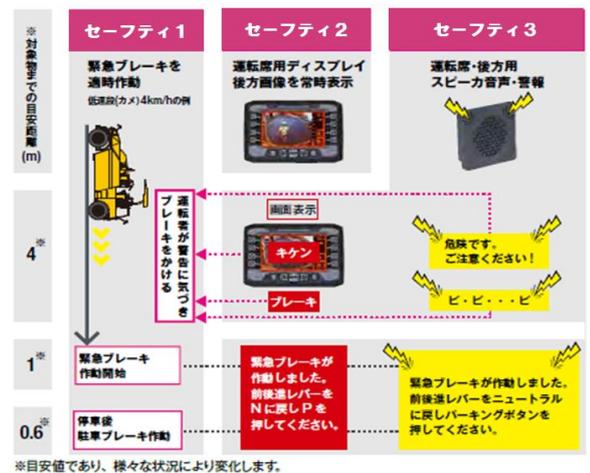


図-3 トリプル・セーフティ機能の実施具体例

3. 緊急ブレーキの作動タイミング

緊急ブレーキ機能は、車速センサ（速度）と3Dセンサ（距離）により対象物との衝突時間を求めブレーキタイミングを自動調整している。図-4は車速と対象物までの距離との関係である。例えば、車両が速度（Vℓ）

で後進する場合、対象物までの距離が「注意ゾーン」に入ると、図-3（セーフティ3）に示すように、警報音声と共にディスプレイに「キケン」と表示される。さらに「警告ゾーン」に入ると警報音と共にディスプレイに「ブレーキ」と表示される。最終的に「緊急ブレーキ作動ライン」の距離に達すると緊急ブレーキが作動する。これらの「注意・警告・緊急ブレーキ」のタイミングは車速に応じて調整している。例えば本装置は車両後方の対象物を検知後、低速（V_l）時には距離（L_l）、高速（V_h）時には距離（L_h）の各地点で緊急ブレーキを作動させる。また、「注意・警告」の各ゾーンで対象物が検知された場合、警報に気づいて、運転者が車両を減速させる、あるいは作業者が検知範囲の外へ移動すると、緊急ブレーキを作動させずに通常作業状態に復帰する柔軟なシステムとした。これによって緊急ブレーキ作動回数を最小限に抑制できるため、安全性は言うまでもなく施工性の両方を満足することが可能になった。

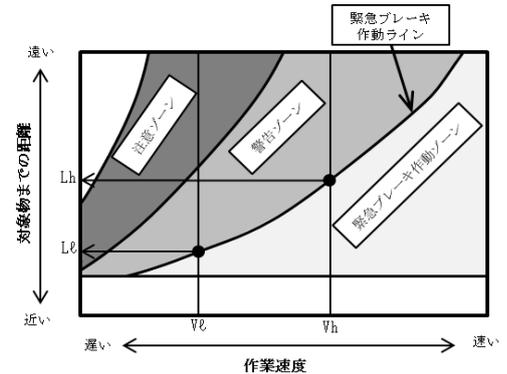


図-4 緊急ブレーキタイミング

4. 施工性を確保した緊急ブレーキ

3Dセンサはその性能上、湯気や土埃などの細かいものであっても物体として検知するため、転圧時に発生する湯気も対象物として検知する可能性が予測された。マネキンを使用した試験施工（写真-1）で確認したところ、3Dセンサはマネキンと湯気の両方を検知して図-5のような点群データを示した。本結果により、本来対象物として検知すべき作業員（マネキン）が湯気の中に埋没し判別できないことが明らかになった。



写真-1 舗装現場で発生する湯気

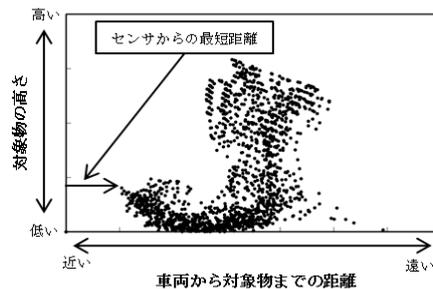


図-5 3Dセンサの検知データの例

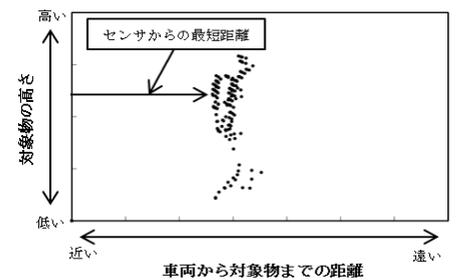


図-6 図-5のデータから湯気データを除去した結果

3Dセンサが湯気を対象物として検知すると不要な緊急ブレーキが頻繁に作動することになる。そこで、湯気とマネキンのデータを分析した結果、反射強度に違いがあることが判明したので、その性質を利用して、湯気や土埃などを対象物として認識しない技術を開発した。図-6はこの開発技術を使用して湯気データを除去した結果である。これにより不要な緊急停止を最小限に抑制することが可能になった。

また、本装置は施工性を確保するため、検知幅を転圧幅としている。このことにより、検知エリアの外側直近の壁や縁石沿いの転圧作業も可能である。

5. まとめ

開発にあたって、最近、自動車などで普及している、いわゆる自動ブレーキ（衝突軽減システムとも称す）を転圧ローラという作業機械に適用するにはいくつかの技術的課題が考えられた。まずは安全性向上という最重要課題である。これに加えて、施工性の確保（舗装路面から立ち上がる湯気や縁石、構造物の影響を最小限にする緊急ブレーキ作動システム）および舗装品質の確保（舗装の仕上げ面を乱さない緊急ブレーキの制御方法）があり、これらにも可能な限りの配慮と工夫を施した。本タイヤローラによって舗装工事現場の安全性向上に多少なりとも寄与できればと期待している。

〔参考文献〕 1) 国土交通省 大臣官房技術調査課：平成26年の直轄工事における事故発生状況、安全啓発リーフレット参考資料（2015）