

62. 接触防止型油圧ショベルの開発

コマツ：橋本 晴夫

1. はじめに

最近の建設工事現場は機械化が進む中、機械メーカーとしては完全な無人化を進めることが事故災害を無くす手段であることは当然であるが、現状では人手に頼らなければならない部分も多く残っており、そこに建設機械と人の接触事故が減少しない原因がある。

平成5年における建設機械による死亡事故は150名をこえており、その中の1つとして、建設機械と人の接触事故の低減を図る技術の開発を目的とし、建設機械が人をセンサにより検知し、適切な危険回避行動を行う技術について開発研究を行った。

具体的な試作としては、国内での保有台数の半数を占める油圧ショベルを選定し、「油圧ショベルと作業員との接触事故防止技術の開発」を進めた。

従来、実用化されたものとしては、反射式超音波センサにより、物体からの反射波で距離を測定し警報を出すものが大部分であった。しかし、この方式では人以外のものでも検出するため、本当に危険かの判断はオペレータに任されており普及するには至っていない。

最初に、工事現場における現状を把握するため実態調査を下記の方法で行った。

- ①死亡災害の分析・調査
- ②ゼネコンに対するアンケート調査
- ③建設工事現場の実態調査

などを分析して、問題点の抽出を図り、接触防止システムに要求される機能を設定した結果、安全と作業効率の両立を目指し下記の基本方針で開発を進めた。

「危険を100%完全にカバーすることは現在の技術では不可能であることから、災害の減少効果と、作業効率の阻害度の背反が最も良くバランスさせることのできるシステムであることを目標にする。」

即ち

- ①作業員のみを検出し、他の物体（壁、電柱、資材など）には反応しないシステムであること
- ②作業員の検知領域は、オペレータの死角になる部分のみをカバーすること
- ③作業の必要上、建設機械の近傍に作業員がいてもできるだけ作業を妨げないこと

2. 問題点の抽出及び仕様の検討

1) センサの選択

前記したように、センサの必要機能としては

- ①作業員のいる位置が検出可能であること
- ②作業員のみを検知し、他の物体には反応しないこと
- ③応答性が早く、環境条件に影響されにくく、低コストであること

等を考慮した結果、超音波トランスポンダ方式が適していると判断した。

2) どこのエリアを警戒すべきか

平成元年から4年までの油圧ショベルによる死亡災害被災者数305人のうち、周辺作業員が接触や荷の落下などごく近傍にいて被災したと思われる人数は150人に達しており、油圧ショベルのごく近傍を警戒すれば多くの事故が防げると考えられる。

アンケート調査からオペレータのヒヤリ・ハット経験のうち「気づかずに操作」が半数を占めており死角になる部分を警戒する必要があるが、ヒヤリ・ハットした機械周辺場所としてはバケット周りと後方が大部分である、しかも旋回操作時に起こっている。それ故オペレータの正面にあるバケット周りであっても他のことに気を取られていると、危険な場合が多いということであるが、その反面、実際にオペレータに聞くと、バケット周りは視界内に入っているから警戒範囲の必要は無いと回答している。

バケット周りを警戒領域とすることは油圧ショベルの特性上確実に作業効率を低下させオペレータにとっては受け入れ難い選択となる。この辺が実用化を阻んでいる要因と考えられる。

それ故、本試作車ではバケット周りはオペレータ用にスイッチを設け選択できるようにした。

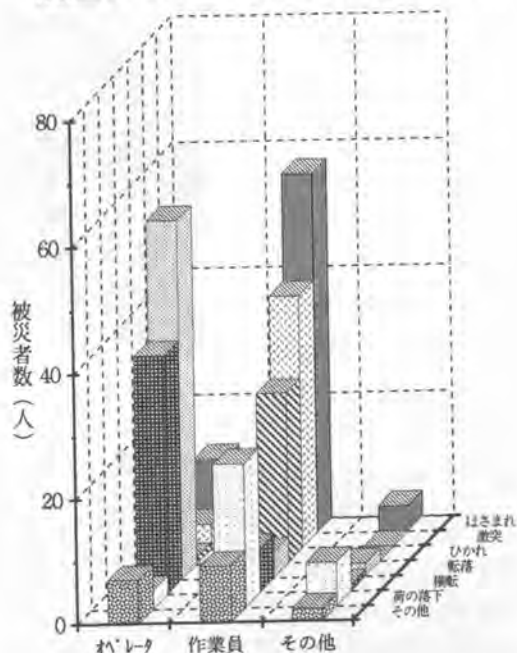
以上をまとめると

- ① 検知領域の大きさは最小必要限度にとどめ、作業効率の低下を極力防止する。即ち
 - ① オペレータが目で確認できる領域は検知範囲とはせず、死角のみをカバーする。
 - ② 作業中における機械の走行速度・旋回速度は通常使用する速度とし、最大速度は考慮しない。
- ② 検知領域は警報・減速・停止の区域に分類し、接触回避に最も適した区域を設定する。
 - ① 検知領域内では停止する前に減速する。
 - ② バケット周辺は深い穴などで見えない場合があるので停止区域を設定する。

3) 機械の動作はどうすればよいか

接触防止のためには、オペレータに警報だけを与える方法と、警報を出した上で機械を自動（強制）的に停止させる方法があるが、アンケート調査の結果をみると半数は警報だけで良いと答えている、しかし先に述べたように「気づかずに操作」が多いことは、人間の失念や反応の遅さを考慮すると、強制停止機能が必要と考えられる。

油圧ショベル死亡災害被災者数



ここで強制停止機能を入れた場合の問題点としては、機械の慣性によるオーバーランや急激な停止による荷こぼれなどの2次的災害をいかに少なくするか問題となるが、今回は試作のこともあり実機テストにより以下のように設定した。

①機械が危険な状態になるときは、レバーが操作され対応する部位が移動し作業者に接近することにより危険状態になるので、レバー

が操作されたときだけ機械停止信号が出るようにする。また、そのレバーが操作されてもその先に作業員がいなければ危険は発生しない。例えば、バケットで掘削作業中に車体後部に作業員がいても停止信号はでないが、走行レバーを操作すると停止信号を出力する。

②機械停止信号が発せられた後の処理は、作業性と安全性の優先度合いが問題となり、次の2通りの処理が考えられる。

①停止信号が来たときだけ停止する。

②停止信号が来たなら停止を保持しリセットされるまで停止を解除しない、リセットはオペレータが安全を確認して行う。

今回は、作業効率を考慮して①の方法で設定した。

3. 現場適応性試験

本システムを搭載した油圧ショベルを実際の工事現場に投入し、接触防止機能、作業効率への影響、信頼性などを評価した。

実際には3現場のべ6週間にわたり工事現場で使用し、聞き取り、ビデオ撮影により調査を行った。

その結果として、

①停止機能と作業効率との両立

検知・停止・復帰などの基本的な機能はいずれも設計通りに作動することが確認でき、接触防止装置は有効であることがわかった。現場からの声としては、特にオペレータは安全性の向上は認められるものの作業効率が低下することに対しては、問題があると指摘している。オペレータにとっては作業量が能力の評価に直接影響するため、効率低下は許容し難いためであるが、全く効率を下げずに安全性を確保するのは現状では困難と考えており、今後現場と密着して使われ方を調査すれば現状よりもさらに効率を上げる余地はあると思う。

反面、作業する上でオペレータと作業員の確認が多くなり、安全性は以前より向上したというアンケート



写真1 接触防止型油圧ショベル外観

ート結果もあり、オペレータ・作業員とも機械を停止してはいけないと言う心理が働き、安全に対する意識の向上に役立つという面もみられた。

②現場にあわせた装置の条件設定

①とも関連するが、設定した検知領域をもっと狭くした方が良いという意見があり、現場により設定を変えて現場にあわせる方法も考慮する必要がある。

③停止後の安全な復帰方法

作業員が機械の近傍を走って通り過ぎたとき、機械が停止した後急に動き出したという報告があった。これは先に述べた停止方法の問題であるが、オペレータにとっては意志に反した機械の動きを極力避けるためには、停止解除の条件にレバー中立を加える等の配慮を今後検討する必要がある。

④減速機能の効果的な利用

今回の設定では、減速領域が50cmの幅と狭いため、直ぐに停止領域なので、十分な効果は不明であったが、減速したときの速度と幅と方向の設定は、時間をかけて調整の必要がある。



写真2 現場適応性試験状況

4. おわりに

なお本研究は、建設省の総合プロジェクト「建設事業における施工新技術の開発」の一環として建設省土木研究所、(社)日本建設機械化協会、(株)加藤製作所、(株)神戸製鋼所、新キャタピラー三菱(株)、住友建機(株)、(株)トキメック、日立建機(株)、(株)コマツの9者で共同研究を行ったものである。

研究開発されたシステムでは特定された作業員だけを検知でき、他の物体に反応しないため、自動停止機能を付加し、オペレータの不注意などによる災害を未然に防ぐことが可能となった。

今後は、今回の実証テストなどで明らかになった問題点等を、検討の上、更に実用性を向上するよう、実績を積み重ね、業界に受け入れやすい形に対応すべく努力する所存である。

最後に、本システムの開発と実証テストに、協力いただいた関係各位に深く感謝する次第である。