

2次元LiDARを用いたバックホウ衝突防止システムの開発

鹿島建設(株) 正会員 ○乾太一朗 貞末和宏 森實浩之 増田 開
正会員 小野塚大輔 田中俊行 岩田憲彦 三宅ヨシタカ

1. はじめに

都市土木・鉄道・トンネル工事に代表される狭隘な施工環境でのバックホウによる作業では、既設構造物への接触や衝突による損壊が無くならず、オペレータの注意力に頼らない衝突防止機能が望まれている。バックホウ関連の事故はブーム・アームの接触に起因する事例が多く、本課題を解消するために、2次元LiDARセンサーを用いた衝突防止システム（以下、本システム）を開発した。バックホウのブーム・アームの稼働に応じて検知範囲を可変し、対象物を検知し自動停止できることで、既設構造物への接触・衝突防止を図り、インフラ事故防止および施工時の安全性向上に寄与できる。

本稿では、本システムの概要と検知性能確認試験結果、対象物を設置した環境でダンプトラックへ積込み作業性を確認した結果について報告する。

2. 本システムの概要

バックホウ上部の既設構造物への接触防止を目的として、汎用サイズの0.45m³級バックホウにLiDARセンサー（2D, SICK製）2台、ブーム・アームの位置検知と機体傾斜検知のための傾斜センサー3台および検知範囲を設定・可変・判定するコンピュータで構成した本システムを装着した（図-1）。これによってバックホウのブームの起伏やアームの上下動作に合わせて検知範囲が可変し、物体を検知するとバックホウを停止させると同時に、キャビン内のモニターと警告ランプが点灯してオペレータへ知らせることができる。なお、検知範囲は施工条件によりパラメータで自由に設定が可能である。

3. 対象物の違いによる検知性能確認試験

本システムが安定的に稼働し、対象物を確実に検知するかどうか確認試験を行った。次に、図-2に示すように天井から対象物を吊り下げた状態で、バックホウのアームおよびブームを上昇させて、設定値どおりかつ連続的にシステムが検知し停止するか確認した。対象物への接触前限界の目安として30cm下に水糸を設置し、表-1に連続30回稼働させた場合の水糸と対象物への接触回数を示す。対象物は①風管φ300mm、②塩ビ管φ100mm、③単管φ約50mm、④単管+防護、⑤電線φ約20mm、⑥電線+防護の6種類とした。検知範囲は、水糸に接触しない範囲を設定した。

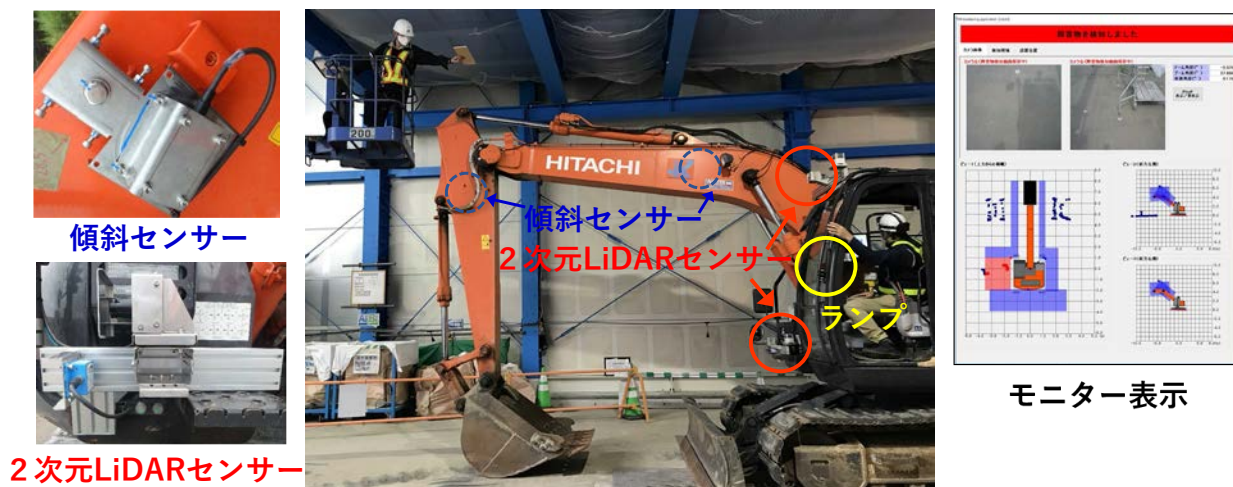


図-1 本システム概要

キーワード バックホウ, 衝突防止, 損壊防止, LiDAR, 自動停止, 検知範囲

連絡先 〒231-0011 神奈川県横浜市中区太田町 4-51 鹿島建設(株)横浜支店土木部 TEL 045-641-8827

本システムは、エンジンの起動と同時に円滑に稼働し、対象物が検知範囲に入ると自動停止し、モニターと警告ランプの点灯し良好であることを確認した。

いずれも対象物とブーム・アームの接触は見られなかった。水糸への接触はアームで約 9%(180 回中 17 回)、ブームで約 3% (180 回中 6 回) であり、アームはブームに比べて水糸への接触回数が多かった。キャビンに取り付けた LiDAR から対象物までがブームに比べてアーム付近まで距離が遠い影響と考えられる。最小径である電線は水糸へ最も接触回数が多かったが、防護管を装着することによって接触を低減できる。

以上、対象物の大きさの他に表面形状の違い(光の反射しやすさ)による影響があることを考慮して、検知範囲を適切に設定し、反射しやすい処置をすることで、対象物への接触を概ね回避することができる。

4. ダンプトラックへの積込み性能確認試験

図-3 に示すとおり、トンネル覆工(内径 7m) への接触防止を目的として、本システムを用いてダンプトラックへ碎石を用いた積込み試験を実施した。対象物は塩ビ管φ50mm とし、6m の高さに設置した。

バケットによる積込み動作を計 33 回行い、システムの検知は 21 回であり、誤検知は見られなかった(うち 12 回は検知範囲外の作業で積込み完了)。本システムを装備したバックホウのオペレータからの意見を以下にまとめる。

- ・ 上方 6m の高さは目視確認できないこと、とくに、トンネルの中ではうす暗くて見えないので有効
- ・ 絶対に傷つけてはいけない重要構造物や架空線等に対するバックホウの作業には有効
- ・ 上部構造物が存在するバックホウの作業経験の浅いオペレータの操作能力向上に有効
- ・ 本システムで検知・停止することで作業効率は低下する懸念がある。しかし、作業前に検知しない作業ルートを空運転で確認することで、品質や安全および作業効率を確保できる

5. おわりに

2 次元 LiDAR を用いた衝突防止システムを開発し、本システムをバックホウに装着することでオペレータの注意力だけに頼らない安全な作業が可能となり、既設構造物の損壊を防止できることを示した。今後はトンネル坑内の掘削ずりの積込み、開削工事における切梁直下の掘削作業に本システムを適用し長期運用して信頼性を確認する予定である。



表-1 各対象物に対するブームおよびアームへ連続 30 回稼働させた場合の水糸と対象物への接触回数

	アーム		ブーム	
	水糸	対象物	水糸	対象物
①風管φ300mm	4	0	1	0
②塩ビ管φ100mm	2	0	1	0
③単管φ約50mm	2	0	2	0
④単管+防護	1	0	2	0
⑤電線φ約20mm	8	0	0	0
⑥電線+防護	0	0	0	0

図-2 対象物の違いによる検知性能確認試験(検知範囲)

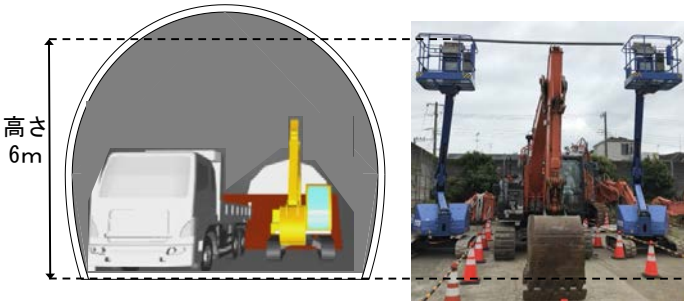


図-3 トンネル覆工への接触防止を目的としたダンプトラックへの積込み性能確認試験



図-4 ダンプトラックへの積込み性能確認(システム検知によるバックホウの自動停止状況)