

超音波トランスポンダ式 作業員接近検知・警報装置 ——現場適応性の改良を実施——

1. はじめに

道路、河川、港湾、トンネルなどの工事現場で採用されている建設機械用作業員接近検知・警報装置はこれまで超音波や赤外線などの反射波を利用したものが多く、地面や雑草などにも頻繁に反応して警報が過敏になりやすいため、極端な場合には装置の電源を切って作業を行うなどの事態も発生していた。

超音波トランスポンダ方式の接近検知・警報装置は、周囲の構造物と区別して作業員だけを検知する機能に基本的な特徴があり、建設機械施工の安全対策を図る上で非常に有効な技術であるとの考えから、これまでの技術を基本としながら現場適応性を改善する改良開発を実施した。

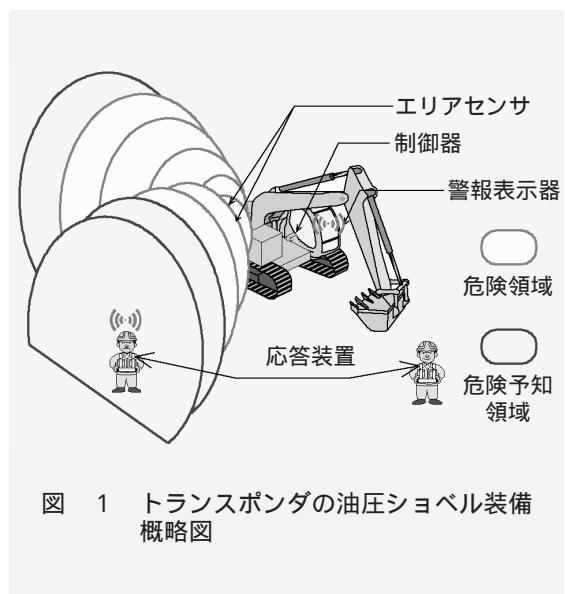
今回、建設機械と作業員が輻輳して作業を行う舗装現場および狭間で高騒音環境であるトンネル内の現場を特に選定し、開発した技術の成果を検証したので合わせて報告する。

2. 基本技術の概要および特徴

トランスポンダは、車両側装置から発信する信号と作業員装置から応答する信号を判別してお互いが接近したことを同時に認識する検知装置である。

双方向の超音波信号を認識することにより周辺構造物からの反射波や電波、赤外線などを使用した他の装置との干渉をなくし、不要警報や誤警報を大幅に減少させた現場適応性の優れた接近警報装置である。

トランスポンダ方式の機能イメージは図 1 のとおりである。



【基本技術の特徴】

① 監視エリア

「危険領域」と「危険予知領域」を形成する。「危険領域」はオペレータから見えづらい部分とし、ここに進入した作業員およびオペレータの双方に警報を発信する。

「危険予知領域」は「危険領域」の外側約1～2m幅に形成し、進入してきた作業員に「危険領域間近」の警報を発信する。

② 警報

オペレータへの警報は音とランプで、作業員への警報は音と振動で直接当事者に伝達するため、周囲への警報騒音が少ない。

③ 誤警報

危険領域に進入した作業員だけ検出し、地面や草木、土盛りなどによる不必要な警報がないので警報への信頼性が高く、オペレータの判断や対応が適切に行える。

④ 監視距離

最大12mまで1m間隔で設定できる。

⑤ 監視幅

指向性の異なるエリアセンサを選択し、車幅などに応じて設定できる。

⑥ その他

監視エリアの垂直幅は±30度と広いので、傾斜地や縦穴でも有効性が損なわれない。

3. 使用上の留意点

- ① あくまでも安全補助装置であり、この装置が装備されている場合でも通常行われている安全ルールを守って作業を行うこと。
- ② この装置は応答装置（子局）を付けていない作業員や通行人等は検知できないことを関係者に周知させること。
- ③ 応答装置を付けていても故障や電池切れの場合には検知できないので、始業前点検を必ず励行すること。

4. 工事現場における評価

超音波トランスポンダ方式の作業員接近検知・警報システムは、これまで国土交通省のテーマ設定技術選定による直轄工事での活用など国内で各種合わせて約240台の車両と作業員用装置1,300人分の使用実績がある（表 1 参照）。

今回の試験は道路舗装工事とトンネル工事の直轄現場を選定し、平成16年10月および11月に実施した。

対象機械として舗装工事ではロードローラ2台とタイヤローラ1台、トンネル工事においては油圧ショベル2台、油圧ブレーカ1台にそれぞれ装置を装備し、作業員用装置は6式を用いて作動状況の確認を行った。

表 1 車両別トランスポンダ使用実績

	建設機械の種類	台数
1	油圧ショベル	117
2	転圧ローラー	46
3	大型ダンプカー	34
4	フォークリフト	16
5	ホイールローダ	10
6	バッテリーロコ	10
7	モータグレーダ他	8
		241

また、機械のオペレータと作業員および現場代理人にアンケート調査を実施した。

その結果、道路舗装工事においては、機械側および作業員側の警報音ともよく聞こえた。

また、各装置とも良好に作業員を検知し、車両と作業員が輻輳した際に不規則警報が発生しないことを確認した。

トンネル工事においては、NATM 工法であったためセメントミストによる汚損が激しく、作業員側の超音波センサに一部目詰まりが生じて機能しない場合があったがこれ以外の検知領域の形成には再現性があり、今回開発した振動型警報器は高騒音下でうまく感応して効果が確認できた。

写真 1 舗装現場写真



写真 2 ローラへの装備

(1) オペレータ用警報表示器



(2) エリアセンサ装備



写真 3 トンネル内油圧ショベルのエリアセンサ



技術開発にあたって（開発者）

開発のコンセプト

（基本技術および改良技術）

- ・いかなる構造物にも反応せず，作業員の装着する応答装置だけを確実に検知する。
- ・『警報が鳴った時，重機の危険領域内（オペレータから見えない部分）に作業員が進入した』という関係を確立する。
- ・すべての建設機械に適用できる汎用性がある。
- ・発信タイミングを同期化し，重機と作業員が輻輳する現場の不規則警報を改善する（改良技術）。
- ・応答装置を装着する作業員の負担が少ない。

開発で苦労した点

（基本技術および改良技術）

- ・空中超音波装置にありがちな耐環境性能や耐雑音性能の弱点を解決する。
- ・トランスポンダに必要な二つの周波数を1個で送受信できる超音波センサを開発して応答装置に使用し，作業員の装着負担を軽減する。
- ・オペレータと作業員が共通の危険領域を同じタイミングで認識するシステムの構築。
- ・ISOの規定に準じた音域，音質の最適化（改良技術）。
- ・自動同期エリアの形成（改良技術）。

本技術の評価（施工者および発注者）

施工者の視点

（基本技術および改良技術）

- ・この装置は「警報＝危険領域に作業員」という関係がはっきりしているので対応に迷いがなく，その分オペレータは作業に集中できる。
- ・作業員にも警報がでるので関心が高く，安全意識が向上した。
- ・トンネル内など壁に囲まれた環境でも検知範囲に再現性がある。
- ・作業員に応答装置を装着させる分コストが割高に感じる。

発注者の視点

（基本技術および改良技術）

- ・これまで長期にわたる評価を行ってきたが，機械施工の安全効果が期待できるシステムと考える。
- ・安全の効果を上げながら周辺居住地などへの騒音公害を最小限に抑えられる。
- ・現場の要望を基に改善を実施しながら汎用性を広げ，実用化につなげたい。

5. 外部からの技術的評価

- ・国土交通省・テーマ設定技術公募システムの「建設現場における安全対策技術」に選定された技術である（2003年3月）。
技術名称は「超音波通信を応用した建設機械と周辺作業員等との接近検知・警報システム」
- ・新技術情報システム（NETIS）の登録技術。
登録番号 TS 020002
- ・ISO/DIS16001「危険探知システムおよび視界補助装置 要求性能および試験」（Hazard detection systems and visual aids Performance requirements and tests）の付属書 E に登録された技術である（2005年1月）。

6. おわりに

我が国は現在急速な高齢化社会への過程にあり、作業員の高齢化も避けられないとすれば建設機械との接触事故を回避する作業員側の対応にも一定の困難が予測され、安全ルールの充実と合わせて現場の実態にマッチした安全補助装置の早期実用化が強く望まれる状況といえる。

今後さらに多様な現場からの要望に応え、本装置の適切な改良を重ねていきたい。

発注者：国土交通省・東北地方整備局東北技術事務所

施工者：甲子トンネル（西郷工区）工事

清水・飛島特定建設工事 JV 所長

村田 盛雄

：福島市・松浪地区舗装修繕工事

開発者（共同）：国土交通省・東北地方整備局東北技術事務所

機械課長 佐々木 重和

同 専門員 芳賀 千賀子

日本建設機械化協会・東北支部参与 斎 恒 夫

有限会社アムカ・代表取締役

瀧 口 功