

55. 重機警報装置の開発

ハザマ：牧田 雄介・石井 恭二
エム・ケー精工(株)：黒岩 徹夫

1. はじめに

建設業における労働死亡災害は、図-1に示す通り三大災害と呼ばれる①墜落・転落災害②重機・車両災害③飛来・崩壊災害でそのほとんどが占められている。この内、重機・車両災害では、図-2に示す通りバックホーによる死亡災害が4割を越えていることが分かる。

こうした状況を踏まえ、丸子トンネル作業所において、特にトンネル掘削作業におけるバックホーによる接触・巻き込み事故絶滅に重点を絞り、安全対策の検討を始めた。

1) 重機作業における安全対策の現状

安全対策としては、重機の旋回範囲内等の危険区域への徒手作業員の立入り禁止措置がある。しかし、実際のバックホー作業においては、徒手作業員との混成作業となる場合が多く、立入り禁止措置を講じることは困難である。

2) 重機作業における接触・巻き込み事故

重機オペレーターには死角が多く、作業員の存在に気付かない場合がある。また、騒音下でのトンネル掘削作業においては、作業員が重機の接近に気付かないことがある。

3) 重機災害防止の安全機器の必要性

こうした現状を考えた場合、重機オペレーターと周囲の徒手作業員相互が、互いの接近を自動的に感知できる安全機器、騒音下でも緊急指示や作業指示ができる無線機器を備えておく必要がある。

丸子トンネル作業所では、重機作業における現状分析を行ない、死亡災害の発生要因とその対策案および工事現場でのニーズ等を検討した結果、

①重機の死角を原因とする接触・巻き込み事故の防止を図る。

②騒音下でも使用可能な無線機器による作業の効率化を図る。

ことを目的に、本重機警報装置の開発・実験に着手することとした。

なお、本論文では本装置の従来技術との比較、丸子トンネル作業所等における実証試験報告および今後の課題について紹介する。

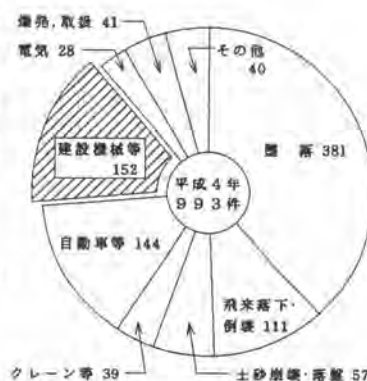


図-1 建設業における種類別死亡災害

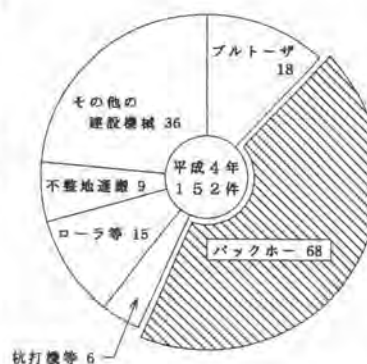


図-2 建設機械の種類別死亡災害

2. 重機警報装置の開発

1) 本装置の構成

- ① 親機 …………… 図-3
 運転席上に取り付ける磁界発生・FM警報電波受信装置
- ② 警報ボックス …… 図-4
 運転席内に取り付ける警報発生装置および無線装置
- ③ 子機 …………… 図-5
 作業員が携帯する磁界検出・FM警報電波送信装置および無線装置

2) 警報機能

従来技術では、赤外線や超音波センサを使用して人体の検出を行なう方式があった。しかし、これらの方式では重機と人との間に障害物等が存在した場合は、赤外線や超音波が障害物により遮断あるいは乱反射され、監視目的である人体を検出できない等の問題があった。

本警報装置では、人体の検出に磁界方式を採用することで、障害物に影響されることなく3次元的に警報エリアを形成することが可能となった。更に、この磁界方式は警報エリアの範囲（親機を中心とした半径）をかなり正確に設定できる等の利点も理論上および試験により判明した。

【警報機能の動作説明】 …… 図-6参照

① 磁界発生

エンジンキーのスタートで親機および警報ボックスの電源が入り、親機より磁界を発生して警報エリアを形成する。
 なお、本システムの使用目的により、警報エリアの半径を5または10[m]に設定できる。

② FM警報電波送信

充電されたバッテリーを子機に装着し、子機を携帯した作業員が警報エリア内に入ると、その子機が磁界を検出して子機から親機に対してFM警報電波を送出する。

③ 警報作動

警報エリア内の作業員は子機本体およびイヤホンから発せられる警報音により、重機の接近を感知できる。
 一方、重機オペレーターは警報ボックスから発せられる警報音および赤色警報ランプの点滅により、作業員が警報エリア内に入内したことを感知できる。



図-3 親機外観図

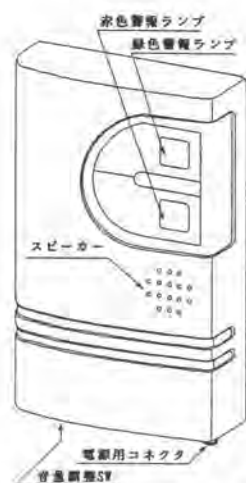


図-4 警報ボックス外観図

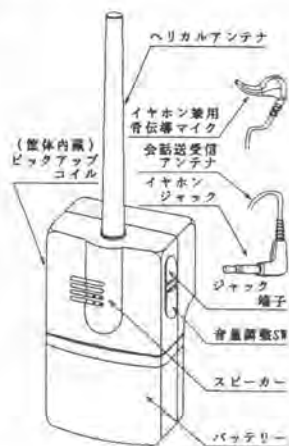


図-5 子機外観図

3)無線機能

従来の無線機器は、ヘッドバンド式マイクやハンディ式のトランシーバーであったため、防塵マスクの着用や騒音下での使用には適さなかった。また、プレストーク式のトランシーバーでは、会話の際に片手がふさがれるといった難点があった。

本無線装置では、頭骨の振動を音声に変換するイヤホン兼用骨伝導マイクを使用しているため、防塵マスクの着用や騒音下でも使用が可能である。更に、マイコンによる送受信自動制御のボイスコントローラ方式を採用し、重機操作や作業中でも会話ができるノン・ハンドの無線装置を開発した。この結果、本無線装置は使用方法や使用環境を限定することなく、緊急指示や作業指示等が行なえるため、作業の効率化にも有効である。なお、無線有効範囲は約40[m]である。

【無線機能の動作説明】 …… 図-6参照

④FM会話機能・送信回路ON

重機オペレーターまたは作業員のどちらかが話すと、ボイスコントローラ方式により送信回路がONとなり、送信機能が有効となる。

⑤FM会話機能・送信回路OFF

相手側はFM電波受信と同時に送信回路がOFFとなり、受信機能のみが有効となる。

会話が終わりFM電波受信が途絶えたと約1.5秒後に送信回路がONに復帰し、送信機能が有効となる。以後、同様の送受信自動制御が繰返される。

なお、イヤホン（骨伝導マイク機能なし）を使用した場合は、会話を聞くだけの機能となる。従って、多数の作業員が話すと作業指示に混乱を来す場合等は、重機オペレーターおよび作業指示者のみに骨伝導マイクを使用させる方法もある。

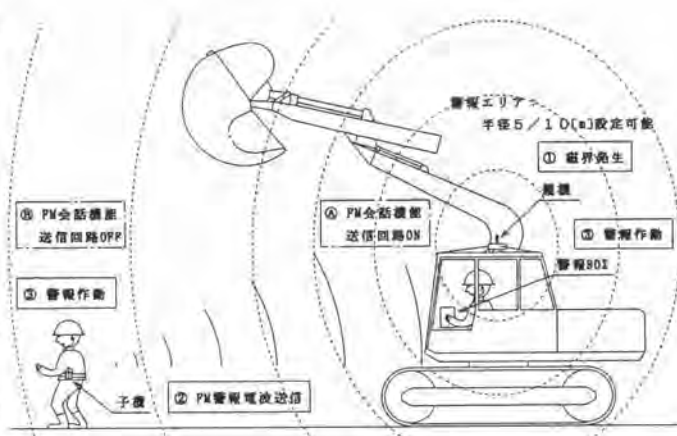


図-6 動作説明図

表-1 実証試験工事現場

実証試験工事現場	丸子トンネル #1 作業所	東京電力 横浜火力建設現場 #2	熊川舗装修繕工事 #3
試験対象作業	下半掘削作業 上半掘削作業 覆工(コンクリート)作業	排水路掘削作業	路面切削作業 基層舗装作業 表層舗装作業
試験対象重機	バックホー サイドダンプ ショベル ホイールジャンボ	バックホー	路面切削機 マカダムローラー タイヤローラー
実証試験期間	平成6年3月17日 ～ 継続	平成6年4月13日 ～ 5月9日	平成6年5月10日 ～ 継続

#1 ハザマ・竹中土木・アイサワ共同企業体

#2 ハザマ・不動JV

#3 東京舗装工業株式会社

3. 実証試験の報告

1) 実証試験の工事現場

平成6年5月20日現在までに実証試験を行なった工事現場を表-1に示す。

なお、丸子トンネル作業所においては、実証試験に先立ち製品の検討会、試作機による実験等を繰返し行なった。

2) 実証試験の結果

① 警報機能

- ・バックホーのアーム旋回時等、安全意識の高揚が図れる。
- ・バックホー等の後方死角エリアに効果がある。
- ・ダンプ用の後方警報装置も必要である。

② 無線機能

- ・トンネル内でも骨伝導マイクの評価は高く、防塵マスク着用時および騒音下での使用にも有効である。
- ・バケット操作に対する細かい指示ができ、掘削作業に有効である。
- ・チームワークが良くなり、作業の効率アップに役立つ。
- ・路面切削機の発進や停止の指示等、作業効率および安全作業に効果がある。

以上、アンケート結果の一部を報告する。

4. おわりに

現在までに3工事現場において、実作業による耐久試験、問題点の調査等を行なった。

今後、使用環境・使用方法の異なる工事現場にて試験を行ない、本装置の適用範囲を探り、これらの試験結果を踏まえ、信頼性および完成度の高い製品を開発する所存である。

最後に、本システムの開発と実証試験現場を提供していただいた関係各位に深く感謝する次第である。



写真-1 日本鉄道建設公団殿を
交えての検討会
(丸子トンネル作業所にて)



写真-2 バックホーへの親機の取付け
(丸子トンネル作業所にて)



写真-3 バックホーでの実証試験
(横浜火力建設現場にて)