

## 30. 建設工事用ロボットの安全性調査

労働省：伊藤 健一・北越工業(株)；\*田中 康之

### 1. まえがき

近年建設機械の自動化が急速にすすみ、建設工事用ロボットといわれる機械も増加している。産業用ロボットでは、その急増と共に一部で労働安全上の問題が生じているが、建設工事用ロボットについては、まだ歴史も浅く安全上どのような問題が潜在するかも明確でない。そこで労働省では(社)日本建設機械化協会に委託して、現在使われている自動化された建設機械の安全性について調査を実施した。同協会は委託をうけて「建設機械自動化安全対策委員会」を組織し、調査を実施した。調査は2年間実施される予定で、初年度に当たる昭和60年度は、自動化建設機械のメーカ・ユーザに対し、郵便アンケートを実施し、自動化建設機械の安全性に関する問題点を調査したので、その結果を報告する。

### 2. 調査の方法

過去に行なわれた建設機械の自動化アンケート調査(第1回55年,第2回59年)の回答のなかから安全性に影響のありそうな自動化建設機械のユーザ及びメーカの211事業所を選び、アンケートを実施した。主な質問項目は、機械仕様、設計製作に当つて安全上考慮した点、使用上の安全指針、故障、事故例などである。アンケートは昭和61年1月に実施し、回収率は42%で89件の回答を得た。(内有効回答79件)

### 3. アンケート結果

#### (1) 工種、機種と自動化の内容

回答を工種別・機種別に分類すると第1,2表のようになる。

第1表 工種別件数

№	工 種	件 数
1	土 工	13
2	クレーン類	10
3	基礎工・地盤処理	13
4	シールド	6
5	コンクリート工	8
6	削孔・削岩	8
7	吹付工	9
8	その他	12
	計	79

第2表 主要機械の件数

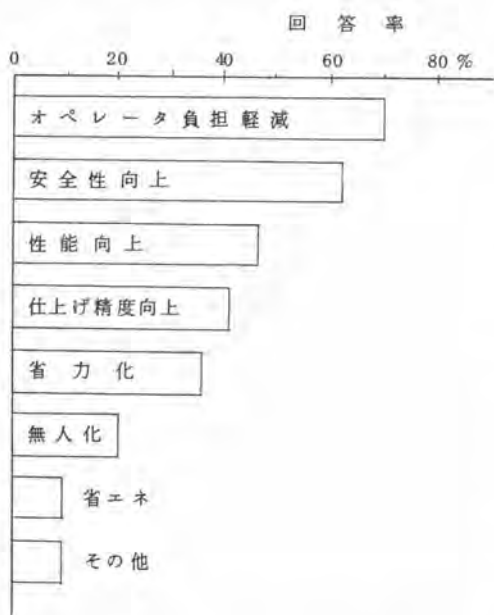
機 種	件 数
吹付ロボット	8
トラッククレーン	7
油圧ドリルジャンボ	6
油圧ショベル	5
シールド	4
締固機械	3
深層処理混合機	3
エレクションシステム	3

これらの機種での自動化の内容を調べたのが第3表である。

最も自動化の進んでいる自動走行もしくは全自動操作でも完全無人化はされておらず、ワンマンコントロール式をとっているものが多い。全自動操作や一部自動操作の中には操作手順に従って動くといった単純なシーケンス制御に近いものも含まれていて件数が多くなっている。要素制御は、圧力・流量といった機械の状態を制御するもので、プラント類や基礎工事用機械に多い。リモートコントロールは油圧シヨベル・ローダの大半を占める。リミット制御は所定作業範囲外へ出た時、停止・警報するもので、クレーン類に多い。その他の中には溶接ロボット・仕上精度向上・モニターなどが含まれる。

#### (2) 自動化の目的

これら自動化機械の目的をマルチアンサで聞いた結果が第1図である。オペレータの負担軽減をあげたものが最も多いが、これには操作の簡易化と、悪い労働環境からの解放の2つの意味があると考えられる。次いで安全性向上、性能向上、仕上げ精度向上と続くが、省力化・無人化は低位に甘んじている。このことは、建設工事用ロボットは、経済性の向上よりは、労働環境の改善を主目的としたものが多いことを示している。



第1図 建設機械の自動化の目的

第3表 自動化の内容別件数

自動化の区分	件数
自動走行	4件
全自動操作	16件
一部自動操作	21件
要素制御	11件
ラジコン	9件
有線リモコン	5件
リミット制御・警報	8件
その他	5件

これを工種別に見ると、土工・クレーン・コンクリート工では労働環境の改善、逆に基礎工やシールドでは性能向上が主力となっていて、岩石工や吹付けでは両者が並んでいる。

#### (3) 製作時安全上考慮した点

自動化機械の製作に当つて、安全上特に考慮した点は第2図の通りで、これもマルチアンサである。最も多いのは、異常時の機械停止で、これは自動化機械に必要な当然の機能といえよう。次いでほぼ同率で故障時のフェイルセーフ・操作ミスへのバックアップ・安全度・各部強度などが続く。安全度・各部強度といったものは一般の建設機械でも当然考慮されている項目であるが、逆に自動化機械に特有と考えられる電気ノイズ対策やソフトバグ(プログラム上の間違い)は比較的低い率になつている。工種間の

差異はあまり見られないが、土工・クレーンでフェイルセーフを重視していることが目立つ。

(4) 機械の稼働と故障

これら自動化建設機械の稼働状況はゼロ時間から、同一機種で累計で18,700時間というもの(シールド機械)まで色々である。テスト段階のもので200~500時間、実用に供されている機械では1,000時間を越える十分な実績を持つ機械も少なくなく、機種によつては完全に実用期に入つたと見られるものもある。

(クレーン・リモコン土工機・基礎機械・シールド掘進機・油圧ジャンボなど)稼働時間と共に故障もかなり報告されている。故障欄に無記入のものも少ないが、「なし」は13件、自動化とは直接関係ないとみられる故障が15件あり、自動化に関連する主な故障

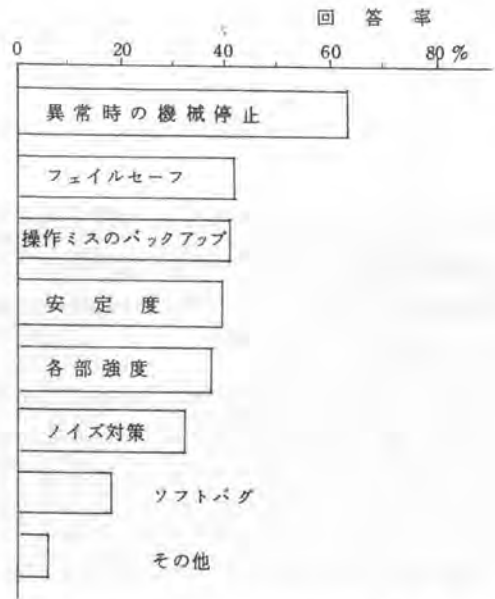
例は第4表の通りであつた。最も多いケーブル断線は、リモコンケーブルが多く、建設現場で安心して使用できるケーブルの開発が望まれる。CPUの故障にはソフトエラーも含まれるとみられる。電磁弁の故障は、自動化機械以外でもよく起きており、自動化に関連するものかどうかは不明である。振動や湿気による故障は「建機独特」といえよう。全般的に記述が簡潔で、その原因やもたらされた結果が不明なものも多く、再調査する必要がある。

第4表 自動化関係の主な故障件数

故障内容	件数
ケーブル断線	5
CPU, ICの故障	5
電磁弁類の故障	2
振動によるハーネスショート	1
アンプ故障	1
エンコーダ故障	1
湿気によるコンソール故障	1
プリント板損傷	1
リモコン不調	1
電気系統故障	1
誤動作	1

現場の様子を把握しづらい2件、漏電2件が多くその他は次のように色々な項目があげられている。

操作ミスに該当するもの——リモコン操作の失敗、ウインチ操作ミス、衣服がリモコンスイッチに触



第2図 製作に当って安全上特に考慮した点

故障例を機械的部分と電気的部分に分けて見ると、前者の15件に対し後者は20件と多いことが注目され、相変わらず建設機械では電気部分が泣きどころとなつているようで、今後のメカトロ化では、故障対策が一つのポイントになることか予想される。

(5) ヒヤリ・ハット事例

事例が記入されていたのか29件、なしもしくは関係なしは23件、無記入が27件で、かなり多くの事例があつたと言えよう。記入されたものうち自動化と関係のないものが14件、関係ありそうなものが24件あつた。事例の中で最も多いのが作業員との干渉で4件、次いでリモコンで

れ作動、プログラムの選定ミス、オペが馴れて警報無視など。

故障に類するもの——コンピュータ故障、センサー不良、ソフトエラー、マニプレータの誤動作、  
 絡線による誤動作、ショートによる暴走、電設バルブにゴミが入り止まらないなど。

その他——ジヤンボで自動/手動切替え時ブームが干渉した、電圧降下による停止、移動時の警報  
 が必要など。

(6) KY (危険予知) 活動での指摘事項

報告された事例の中には、現場関係(足場・落下防止ネットなど)、一般的安全項目(踏乗点検・  
 合図など)、機械の一般的事項(感電防止、接触防止など)が多かつたが、自動化に関係するものと  
 しては次のような項目があつた。

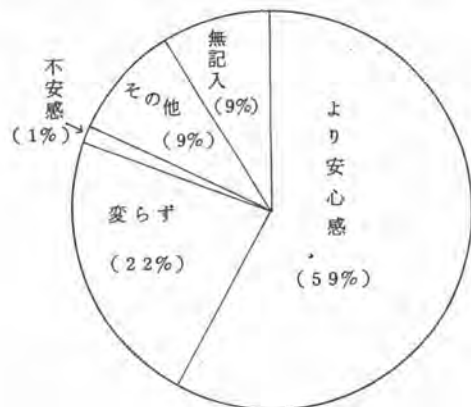
故障した時危険、作動区域内立入禁止、ノイズによる誤動作、リミットスイッチの2重化、非常停  
 止スイッチの設置(2件)、スイッチが水に弱い、2台の自動化機械が動く場合のハサマレ防止、  
 「自動運転中」の表示を、リモコンは現場が見づらいなど。

(7) オペレータ・作業員から見た安全性

自動化建設機械を導入したことによつて現場の安全性がどう変つたかを、オペレータと現場作業員  
 から聞いた回答が、第3図、第4図である。全般的には現場の安全性はかなり向上しているといえる



第3図 オペレータから見た現場の安全性



第4図 周辺作業員の安心感

が、第3図でより注意が必要と答えたのは振動ローラの斜面仕上げと吹付ロボ、溶接ロボの各2件、  
 第4図で不安感を示したのは溶接ロボで、これらを更にくわしく調べる必要がある。

(8) ロボット導入について考慮すべき点

オペレータやメカニクに対するロボット教育の必要性をあげたのが23件と最も多かつた。次い  
 で多かつたのが周辺作業員との関係で17件あり、今後の問題点となることが考えられる。

その他非常停止(4件)、耐久性向上(4件)などが目立つ。

昭和61年度はこうした意見をふまえた上で、更にくわしい調査を行ない、自動化建設機械を製作  
 するに当つて考慮すべき点、現場へ導入するに当つて考慮すべき点、使用上の注意などについてとり  
 まとめる予定である。