

20. 重量鉄筋用配筋ロボットの開発

東京電力(株) 松井 志郎
 鹿島建設(株) *毛利 行男
 日立建機(株) 吉田 邦彦

1. まえがき

原子力発電所の建設工事は、規模、物量共に一般建築と比較して膨大であり、特定地域に大量の作業員を投入する必要があるが、このうちでも、特に作業員の上で大きな比率を占める鉄筋工事は、重作業のため、若年作業員からは敬遠されがちであり、鉄筋工の高齢化が進むと同時に作業員の不足率も増加の傾向にある。

このような背景から、鉄筋工事の省力化を目的とした機械の開発を図ることが緊急の課題となり、東京電力と鹿島建設の共同研究に日立建機の協力で、重量鉄筋用配筋ロボットの開発研究を進めて来た。その成果として、このたび、マイコン制御により、自動的に鉄筋を搬送・配置する重量鉄筋（太径）用の配筋ロボットを開発した。



写真-1 重量鉄筋用配筋ロボット外観

この配筋ロボットは、原子力発電所などの大型構築物基礎に用いられる太径かつ長尺の重量鉄筋を一定間隔で配置するもので、小型・軽量であるので簡単な架台や鉄筋の上を走行でき、操作も一人で行える。

またマイコン制御により自動的に1本づつ一定間隔で配置でき、しかも効率良く、安全に現場の配筋作業をおこなうことができる。

総重量	約5,500kg	フィーダ装置（兼脱可）	
本体		最大積載荷重	2,150kg
原動機	ディーゼルエンジン	寸法	全長 1,400mm
原動機定格出力	26PS		全幅 7,000mm
寸法	全長 4,000mm	配筋装置	
	全幅 2,200mm	最大作業半径	4,300mm
	全高 2,600mm	(旋回中心から)	
タンブラ中心距離	2,200mm	鉄筋水平送り出し	左右 1,200mm
グーシ幅	1,800mm	鉄筋つかみ幅	5,000mm
旋回幅	400mm	つかみ部水平送角度	左右 30度
上部旋回体戻り速度	360度	自動配筋時の配筋速度	分/本
アームスイング角度	左右 50度	(つかみ～配筋1サイクル)	
		自動配筋時の配筋精度	前後方向±60mm
			左右方向±85mm
		対象鉄筋	D-38mm×12本

表-1 重量鉄筋用配筋ロボット諸元

2. ロボットの概要

このロボットは、マットスラブの配筋を主な目的とした移動型で、ディーゼルエンジンを搭載しており、クローラで走行する本体部分と、鉄筋を送り出すフィーダ装置および鉄筋の配置をおこなうフロント部と、つかみ横送り部より成る配筋装置で構成されている。さらに壁筋などの垂直配筋もおこなえるクレーンアタッチメントも用意されている。

本体は、簡単な架台や鉄筋上を走行できるように機体重量を5,500kgと軽量化し、配筋を乱さないようにフラッシュを採用している。

操作方式は搭乗運転および有線式リモートコントロールの2方式があり、さらにリモートコントロール操作は、自動運転と手動運転がある。本ロボットは一定間隔配筋、および干鳥配筋作業ができ、配筋間隔については10cmから99cmまで任意に設定できる。なお配筋作業中に任意の所で1～2

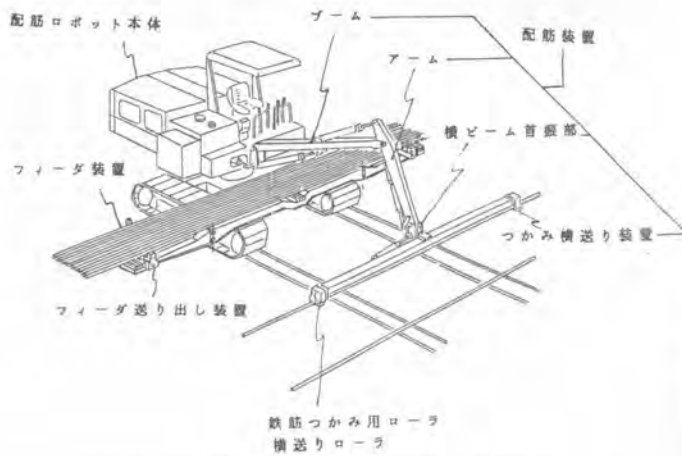


図-1 重量鉄筋用配筋ロボットの構成装置

本抜きジャンピングもできる。

フィーダの積載量は2.2ton(例: D38×12m 20本)で、フィーダ送り出し装置により、1本つづ前へ送り出され、配筋装置に受け渡される。配筋装置はブーム、アーム、横ビームから成り、横ビームの両端に各1対の鉄筋つかみ用ローラがあり、このローラの開閉で鉄筋のつかみ取りをおこなうとともに、ローラの回転により鉄筋の横送りをおこなう。

3. コントロールシステム

第2図は本ロボットのコントロールシステムを示すもので、ブーム、アーム、横ビーム首振りおよび横送りローラに設けられた角度検出器からの信号をマイコンで受け、マイコンは常時鉄筋つかみ部の位置を監視する一方プログラムに従って制御信号をドライバーに送り、ドライバーで増幅された電



写真-2 クレーンアタッチメント交換による垂直配筋作業状況

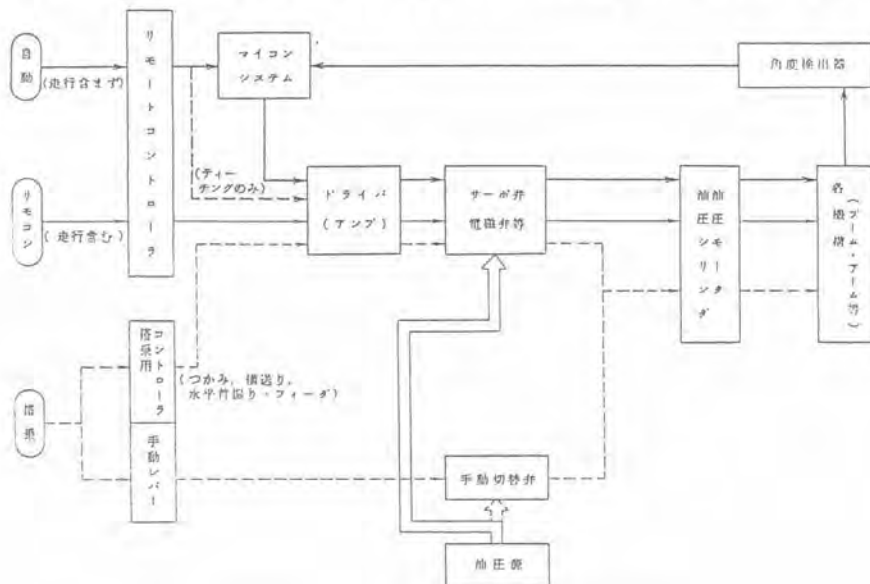


図-2 制御系統図

気信号はサーボ弁や電磁弁などの油圧制御弁に送られ、油圧シリンダーや油圧モータが駆動される。

自動運転の場合は、本体位置決めした後、オペレータが最初の鉄筋を手動操作で所定位置におき、これを基準にして、次から自動運転で残りの鉄筋を設定した間隔に配筋する。千鳥配筋の横送りも最初に置かれた鉄筋を基準にして、左右交互に所定のかさね継手量が得られるように横送りして配筋する。

本ロボットは各種安全警報装置を備えている。(表-2) 例えば自動運転時については、誤動作による危険を防止するためのチェック機能を持ったソフトや、オペレータの監視による非常停止装置を備えている。また周辺作業員の安全を配慮した各種警報装置なども備えている。

項目	内容			
	対 象	検 出 器		
安 全 装 置	走行時 周辺への警報	走行表示灯(回転灯) 走行表示ブザー		
	つかみ部からの 鉄筋の落下防止	スプリングによるネガティブ式つかみ機構 (万一、油圧力が低下してもスプリングによりつかみを 保持する。)		
	鉄筋横送り警報	鉄筋横送りブザー (横送り動作と連動)		
	受筋時の本体ガード	タワークレーンからの受筋時に鉄筋と本体との当たりを 防護するためのガード		
	非常停止	運転席およびリモートコントローラに設けた押釦スイッ チによるエンジン停止		
異 常 警 報 装 置	部 位	項 目	検 出 器	警 報 表 示
	エンジン系	オーバーヒート	温度センサ	表示灯+ブザー
		オイル潤滑不良	圧力スイッチ	表示灯+ブザー
		燃料残量警報	レベルスイッチ	表示灯
	本体電源系	電源異常	電圧検出回路	表示灯+ブザー
	油圧系	作動油温 高温	温度センサー	表示灯+ブザー
		低温	温度センサー	表示灯
	マイコン系	電源異常	電圧検出回路	表示灯+ブザー
		角度検出器の故障 同信号伝送 回路の断線	マイコンソフト	表示灯+ブザー 動作(自動運転の み)停止
	リモートコントローラ	操作レバーの 角度検出器の故障 同信号伝送 回路の断線	異常検出回路	表示灯+ブザー 動作停止

表-2 安全警報装置

4. 特徴

- (1) 操作方式は、搭乗、リモートコントロール、(自動、手動)方式があり、任意に選択できる。搭乗操作はメカニカルコントロールのため、電気系統が故障しても関係なく動かすことができる。
- (2) 自動運転は最初の1本を手動で任意の位置に置いた時点から始まり、手前の方へ所定の間隔

で順次配筋する。なお配筋途中で1～2本のジャンピングをすることや、途中で終了することもできる。

(3) 自動運転時の配筋間隔は、ダイヤルにより任意に設定することができる。

(4) 電気制御系の電源は車体用電気系から独立した電源を持ち、マイコンをはじめとする電気油圧制御弁などを駆動している。

(5) フィーダ装置は2.2 t o nまでの鉄筋を搭載でき、自動配筋動作と連動して鉄筋の払い出しを自動でおこなう。またフィーダ操作は、手動操作でもおこなえる。

(6) 配筋装置は横ビームを30度まで水平首振りができるので、放射状配筋のような複雑な配筋もおこなえる。

(7) 配筋装置はブームフットピンと油圧ホース及び電線を外すだけでクレーンアタッチメントと交換できる。クレーン能力は、総定格荷重350 kg (作業半径5 m) で、差筋や壁筋の吊り込み作業のほか雑作業にも使用できる。

5. 作業量と配筋精度

D38×12 m鉄筋を使用し、配筋間隔200 mm、左右1.2 mの千鳥配筋作業のサイクルタイムは、人力配筋の連続平均とほぼ同等であるが、さらに経済効果を狙う上でサイクルタイムの短縮を進めている。

次に省力化の面では、現在1グループ5～7人でおこなっている作業員数が本ロボットを使用すると3～4人となり40～50%の省力化がはかれる。

自動配筋による配筋精度は、鉄筋を置く前の機械精度で±10 mmであるが、鉄筋を置く時のころがりにより、バラツキが出るが、配筋精度は±60 mm以内におさまり、これは結束時に若干人力で修正を加える程度で実用上さしつかえない。

千鳥配筋の横送り精度は、鉄筋のころがりの影響をうけないため鉄筋を置いた時の精度が±30 mm以内で実用上問題ない。

6. 展望

本配筋ロボットは、重量鉄筋の配筋作業の省力化を目指して開発したものであり、今後建設される原子力発電所の建屋工事に使用を予定している。今後さらに改善改良を重ね当技術を原子力関連施設以外の建設工事へ活用し、建設工事の生産性向上と施工環境の改善に寄与するロボットに仕上げている予定である。



写真-3 配筋テスト状況

(左側は一定間隔配筋、右側は千鳥配筋)



写真-4 配筋装置ビームの水平首振り状況