

トンネル壁面の検査を目的とした簡易ロボットプロトタイプ

名古屋大学工学研究科 正会員 北川徹哉 日本大学理工学部 学生員 関野洋一郎
日本大学理工学部 正会員 野村卓史 日本大学理工学部 (研究当時) 鳥羽雅人

1. はじめに

トンネル表面の劣化を効率的に調査する様々な非接触検査システム¹⁾が開発・適用されつつある。しかし、その多くは壁面の画像データを取得・処理して変状図を作成する手法であり、表面の汚れなどにより検査結果の分析が難しいケースもある。そこで本研究はトンネルの断面形状を直接計測するロボットの開発を目標とし、その第一段階として実験室スケールの簡易なシステムの構築を試みたので報告する。

2. システムの概要

システムの構造を図1に示す。CCDレーザー変位センサーを先端に有するアームが回転・停止を繰り返し、各角度においてレーザー出射ヘッドから壁面までの距離を逐次計測する構造である。アームはベアリングを介してアクチュエーターとなるサーボモーターに接続されている。この構造を制御し、計測するためのハードウェアは、図2に示すように、マイコンボード (CPU: H8-3048F)、パソコン (以下、PC) およびこれに組み込まれた AD 変換ボードにより構成されている。まず、PC からサーボモーターの回転停止位置を指定する四桁の自然数が RS232C を経由してマイコンボードに転送される。あらかじめマイコンボードの ROM 上に記憶させたレジスタコントロールプログラムは、これを受信して図3に示す幅 W (PC から受信する四桁の自然数に応じて決定される)、振幅 5V、周期 20ms のパルス信号をサーボモーターに送る。サーボモーターは受信するパルスの W に応じて所定の位置で回転運動を停止する (PWM 制御: Pulse Width Modulation Control)。なお、図4に示すように W とサーボモーターの停止角度とは直線的な関係にある。ここではアームが真上を向いた角度を 0° 、時計回りを正としている。

図2に示したハードウェアを稼働させるためのソフトウェアを PC 上に作成した。図5はその実行時のウィンドウであり、Windows 上で可動である。まず、図5のウィンドウ上段において RS232C の通信設定を行う。中段ではサーボモーターの数、すなわちアームの自由度に相当するチャンネル数 (本システムでは 1)、 W を決定する四桁の自然数の数 (アームの停止角度の数に相当)、および自然数列が格納されているファイルと計測結果を保存するファイルとを指定する。さらに、アームの回転・停止の時間ステップを下段において指定し、通信開始をクリックすると RS232C 通信がオープンされる。データ送信を押すと、図2に示したように四桁の自然数が順次マイコンボードに送信され、アームの回転・停止とレーザー変位セン

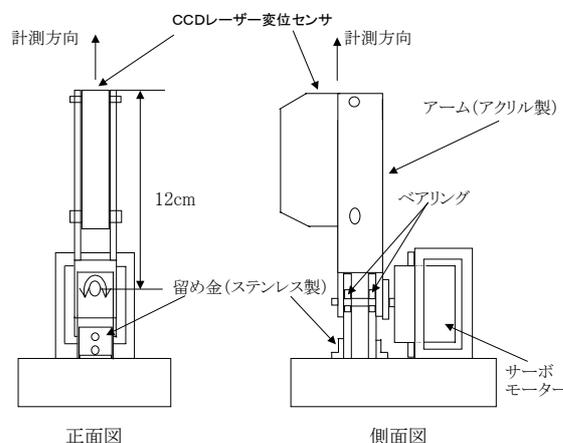


図1 アームの構造

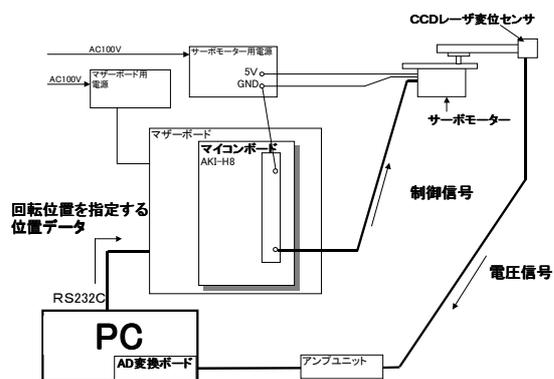


図2 制御・計測システム

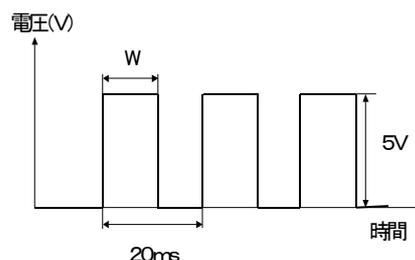
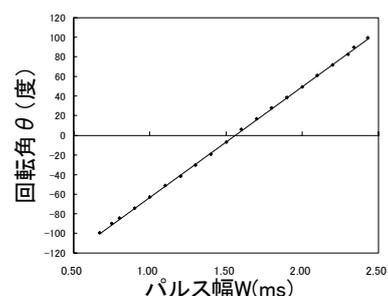


図3 PWM 信号

図4 パルス幅 W と回転角との関係

維持管理, クラック, トンネル, ロボット, PWM 制御

〒464-8603 名古屋市千種区不老町 Tel 052-789-5918 Fax 052-789-3734

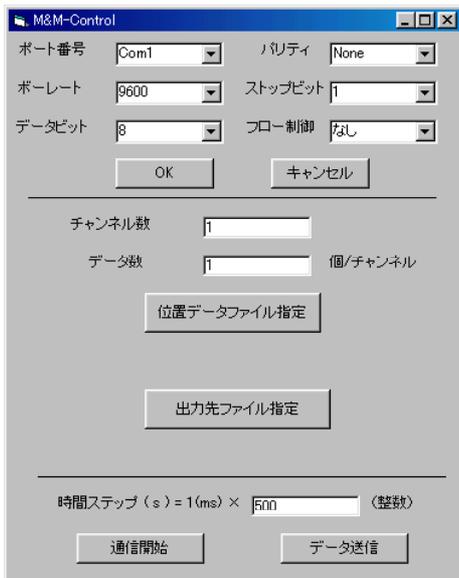


図5 計測・制御プログラム実行ウィンドウ

サーからのデータのサンプリング・保存とが繰り返される。

3. システムの作動テスト

トンネルを模擬した半円状（直径：約 30cm）の小型模型を用いて本システムのテストを行った。図1に示したシステムをアームの回転中心が模型断面の中央に位置するように設置した。アームの回転ステップは約 0.11°としており、レーザーの照射点は壁面上を円周方向に約 0.3mmステップで移動する。この移動ステップ間隔が検出可能な最小のクラック幅に相当する。比較的大きなクラックを想定した幅 3mm のキズを模型の壁面に設け、計測を行った結果を図6に示す。横軸がアームの回転中心を原点とする水平位置であり縦軸は鉛直位置である。座標（-120, 95）近傍にキズが検出されており、断面全体の微妙な歪みもとらえられている。図7はキズ近傍の拡大図である。計測されたキズの幅（直線距離）は約 3.07mm と得られた。キズの幅を様々に変えてテストを行い、結果をプロットしたものが図8である。縦軸が本システムにより計測されたデータから求めたキズ幅であり、直線は与えたキズ幅との完全相関を表す。計測によるキズの幅は与えたキズの幅にほぼ整合している。しかし、完全相関に対してばらつきがみられ、これは与えたキズの幅に依存していない。計測によるキズの幅と完全相関との誤差の平均は約 0.6mm となった。この誤差はレーザーの照射点が壁面上を円周方向に約 0.3mm ステップで移動することに起因するが、回転ステップをさらに細かくすることにより改善が可能である。

4. まとめ

トンネル表面のクラック検出を目的とした簡易ロボットのプロトタイプを製作し、トンネルを模擬した模型を用いて断面形状の計測テストを行った。本テストのスケールにおいては、検出可能なキズの幅は 0.3mm 程度が最小であり、実スケールへの適用には分解能の向上が必要である。

参考文献

- 1) 2001 年制定コンクリート標準示方書[維持管理編]制定資料，土木学会，2000。

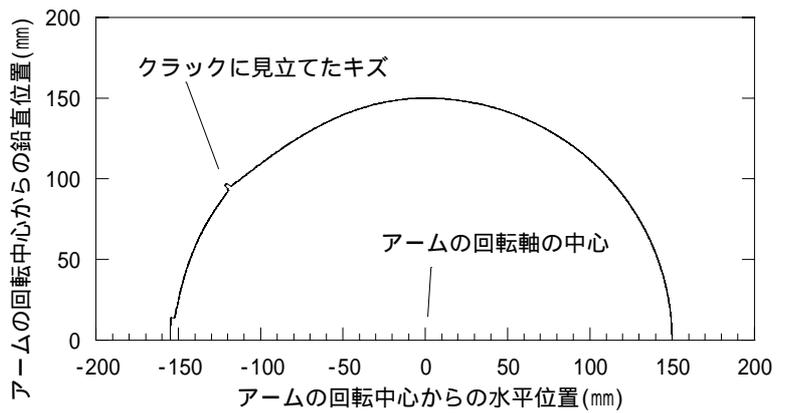


図6 トンネル模型の断面の計測例

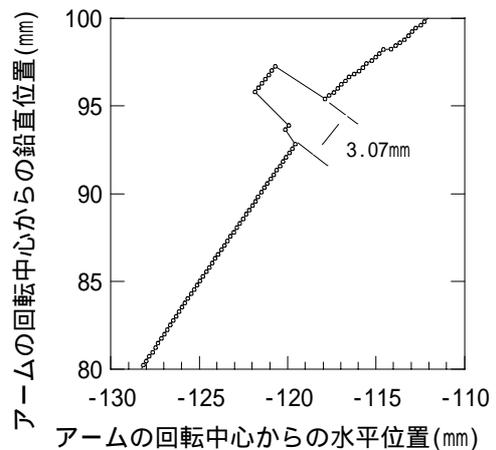


図7 図6のキズ部分の拡大図

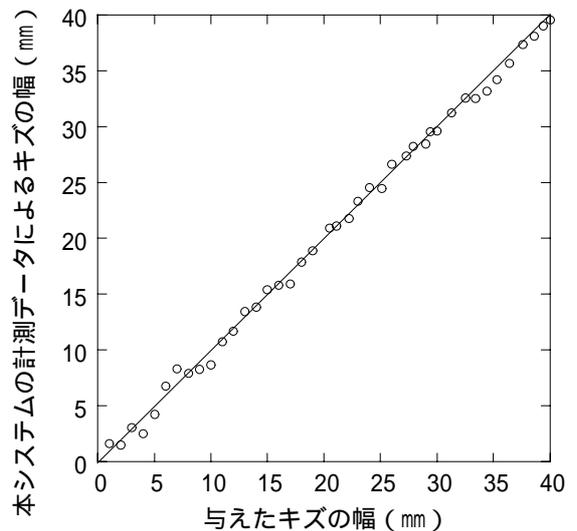


図8 本システムの計測精度