

油圧ショベル掘削指示システムの開発

(株)トプコン 正会員 先村 律雄
(株)トプコン 江藤 隆志

1. はじめに

法面の切り出し開始位置は、どんな熟練オペレータでも丁張り杭がなければわからない。丁張り杭は普通の杭よりも複雑で断面図も必要なため、測量計算と設置作業が煩雑となる。掘削作業は、丁張り杭から遠ざかるほど経験に依存し、オペレータは特に開始時、運転席から何度も降りてパケット刃先を確認しているのが現状である。また丁張り杭は、基準点等と異なり完成時には不要となる。そこで丁張り杭の設置ゼロを目指し、かつオペレータが容易に操作することができる掘削指示システムの開発を行った。

2. センサ

油圧ショベルのパケット刃先の作業を知るために7つのセンサーを取り付けた。【図-1】にセンサーの取り付け位置を示す。【表-1】に搭載したセンサーの詳細を示す。

すべてのセンサーは取り付けした後、キャリブレーションを行う必要がある。パケット刃先の指示をオペレータの操作に追従させるため、データの更新は4Hzとした。

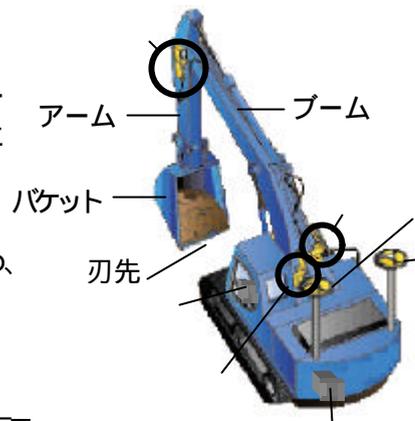
3. 制御ソフトウェア

3.1 3つの制御モード

制御フローを【図-2】に示す。ソフトは“走行・記録モード”、“断面モード”および“面合わせモード”の3つのモードで構成した。パケット操作が必要な“走行・記録モード”と“断面モード”は効率・安全性の観点より、制御レバーを握ったまま操作ができるようトリガスイッチを取り付け、ソフトウェアもこれに対応した。

【図-3】参照 “走行記録モード”でトリガスイッチを引くと、パケット刃先の3次元座標を記録する。パケット刃先を仕上げ面にあて、トリガスイッチを引けば出来形結果としてPCカードに自動記録できる。記録後は、自動で“走行記録モード”に戻るため、オペレータは制御レバーから手を離す必要はない。

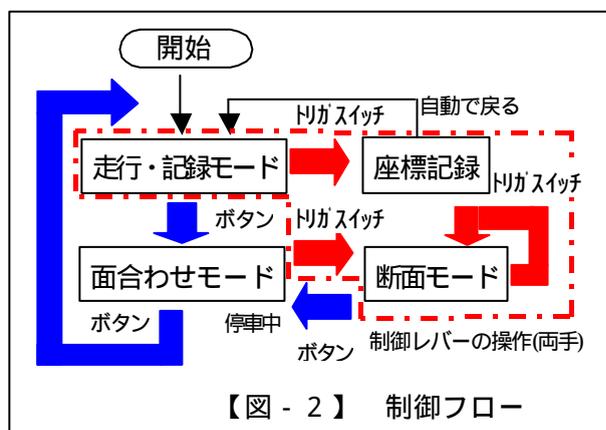
“面合わせモード”は、掘削したい面を決定するモードである。設定データはTIN（不整三角網）である。【図-4】参照。全体データの中からどの面を掘削したいのか選択する必要があるため、“走行・記録モード”で実際に掘削したい面まで移動後、完全に走行を停止させて専用モニタ上のボタンを押す。パケットの現在座標を計算後、TINの中からこの座標を含んでいる



【図-1】 センサーの取り付け位置

【表-1】 搭載センサーの詳細

番号	センサー型名	精度 / 仕様	目的
~	レゾルバー	0.1° (360°)	支持ピンからパケットの距離（水平、鉛直）
	2軸傾斜センサ	0.1° (±10°)	ピッチング、ローリング
~	GPS-RTK	XY1cm, H2cm	現場座標、旋回
	専用モニタ	OS:Windows	指示データ計算 / 表示



【図-2】 制御フロー

キーワード：油圧ショベル、測量、GPS、3Dグラフィック、IT施工
連絡先：〒174-8580 東京都板橋区蓮沼町 75-1 (株)トプコン 03-3558-2594

三角形を検索する。

“断面モード”は掘削中のバケットと設計断面の位置関係を表示する。この画面を見ながら実際に掘削作業を行う。掘削に伴う旋回、移動によりバケット位置と設計断面ラインの関係が変わった場合、再度トリガスイッチを引き最新の関係を再計算後表示する。

TINは、設計形状によって三角形の大きさを変更でき、法面が直線で矩形の場合、長さに関係なく2つの三角形でよいため、100m程度の法幅であれば、実際にモニタ上のボタンを押す“面合わせモード”作業は1回行えばその日に再度この作業をすることはないであろう。

3.2 掘削指示画面

掘削指示画面例を【図-5】に示す。文字および数値の表示量は最小限にして、3Dグラフィックにより直感的にバケット位置がわかるようにした。

(1) コンパス指示

【図-5】の左上の窓は、コンパス(矢印)である。“面合わせモード”によって指定された設計面の法線とバケットアーム間の方向角との較差である。コンパスは機械の旋回と同期して回転する。真上を向いたとき、掘削面とバケット刃先面が正対(平行)したことを意味する。

(2) 断面指示

【図-5】の右上の窓は、バケットと設計面の関係を断面表示したもので、この画面を見ながら掘削する。バケット上の矢印は設計面にたいする高低の較差である。右側の緑の矢印は、バケット底面の勾配と設計勾配の較差で矢印が最小になれば同じ勾配になったことを意味する。黄色の矢印は、バケットが指定された設計面から左右に出ないように警告する目的で、指定面の両端部に近づいたときに表示する。

3.3 サウンド指示

バケット刃先が設計面より上、面上、下の3パターンに位置することがわかるピーブ音機能に対応した。これによりモニタを頻繁に見なくても音を聞きながら掘削ができるため、オペレータは従来とほぼ同じ作業姿勢でバケット操作が可能になった。

4. 開発による効果

(1) 丁張り作業の軽減

本システムは今年度より掘削工事で実際に使用予定である。これにより、従来法に比較して何%の杭設置および作業時間が軽減できるか明らかになる。

(2) オペレータの労力軽減

バケットと設計面の関係が運転席内でいつも把握できるため出来形に対する不安要素が軽減される。

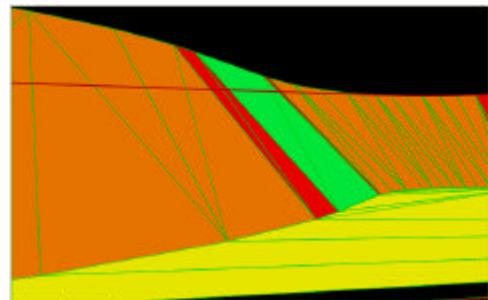
操作は約半日で理解でき、ほぼ今まで通りの姿勢で作業できるため本システムの操作による負担はすくない。

(3) 大型測量マシン

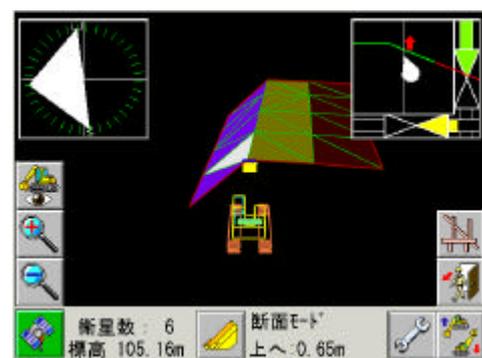
バケット刃先の3次元座標が表示および記録されるため、法面の出来形測定の高速度化、旋回範囲内であれば人間では移動が困難な高所、低所および浅い水面下が効率よく測定できる測量マシンになった。



【図-3】 トリガスイッチ



【図-4】 設計データ例(TIN)



【図-5】 掘削指示画面