

## 42. ブルドーザのシュースリップコントロールによるリッパ作業の容易化・効率化

(株)小松製作所：中原 照雄・\*伊戸川 博

### 1. はじめに

大規模土木工事で碎石・石灰岩の採掘作業で行われている岩盤掘削作業は発破工法と機械力による工法に大別されるが、後者の代表的工法であるブルドーザによるリッパ作業は、安全性・無公害性の利点により 発破工法に代わる工法として適用範囲を拡げている。懸案であった硬石での掘削も、重量90トンを超える超大型ブルドーザの出現によって、リッピング能力(リッパビリティ)が大幅に向上し、経済的に施工可能となってきている。

しかし、機械のけん引力を使用するリッパ作業は、オペレータに高い熟練度が要求され、かつ不要なシュースリップのため、足回りの早期摩耗・燃費悪化を招いているのが現状である。

今回、車両のシュースリップを検知し、作業時に最適なパワーをコントロールするシステムを完成させ、リッパ作業の操作性向上と効率向上をはかったので、本システムの概要を報告する。

### 2. リッパ作業の現状と改良のねらい

通常リッパ作業では、複雑な路面および岩質状況のため車両のスリップ限界の変動が激しく、また作業能力を高めるために、より高いけん引力を使って仕事をせねばならず、オペレータは常に履帯がスリップ限界状況にあるようにコントロールせねばならない。しかしブルドーザのシュースリップ率とけん引力の関係は図1のようになっており、むやみに履帯をスリップさせても燃料の無駄と足回り寿命の低下を招くばかりで作業量は増加しない。

このため、作業機レバーのみの操作ではコントロールが困難なため、デセルベダルによってエンジン出力をコントロールすることが必要である。図2に砂質土ドーピングと軟岩リッピングの作業状況を示すが、砂質土ドーピングではスリップ限界の変動が少なく、車両

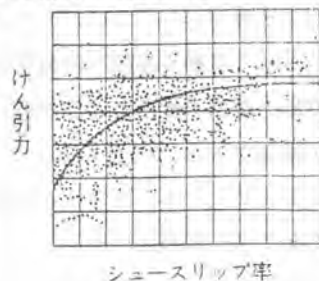


図1 ブルドーザのスリップ特性

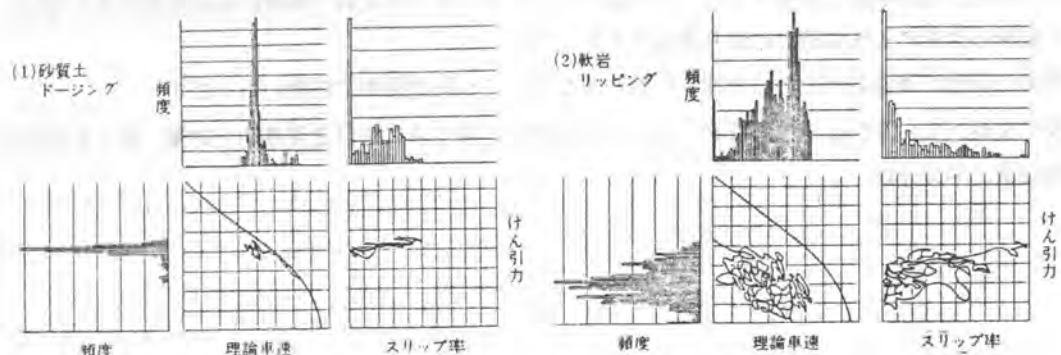


図2 ブルドーザのドーピング作業時およびリッパ作業時のスリップ率比較

はフルパワーのライン上で使用されているが、軟岩リッピングではスリップ限界の変動が大きいいため、オペレータはデセルペダルによって常時エンジン出力をコントロールしていることがわかる。このデセルペダルによるコントロールは高い熟練度を必要とし、かつ集中力を要する長時間の作業は、どうしても不要なシューズリップとオペレータの疲労を招き、作業効率が低下しているのが現状である。

この課題を解決したのがシューズリップコントロールシステムであり、改良のねらいを下記4点においた。

- ① オペレータの操作性向上のため、リッパ作業時デセルペダル操作を不要とする。
- ② 履帯のシューズリップを極力廃除し、足回りの摩耗寿命の向上と燃費の向上をはかる。
- ③ 作業量は、ベテランオペレータのマニュアル作業と同等とする。
- ④ 従来のオペレータの操作感覚をそこなうことなく、コントロール可能とする。

### 3. シューズリップコントロールの概要

本コントロールは、常時エンジン出力・けん引力・シューズリップ率を検出し、スリップ率がある値を越えた場合、自動的に車両のけん引特性（＝エンジン出力）を変化させ、適性なけん引力となるようにコントロールするものである。

今スリップ率がある値を越えた場合、車両のけん引特性を図3の①②のように設定し、エンジンのマッチング点をa→bのように変化させ、必要なけん引力を維持しつつ履帯速度のみを減少させれば、実車速は変わらないで作業量同一のまま不要なスリップを除くことができる。

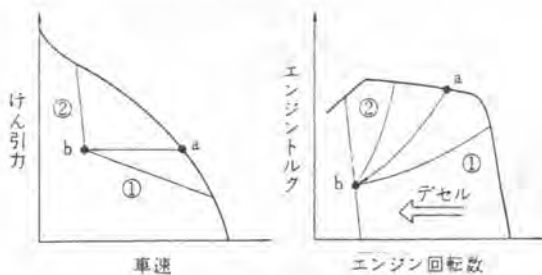


図3 スリップ時のパワーコントロール

図4にシューズリップコントロールのフローチャートを示す。ここで、スリップ率検出のための実車速測定用センサーは本システム用に新規開発したもので、実車速は車両前後方向の加速度を積分することにより検出しており、車体傾斜およびリッピング時の車体振動による誤差は、低周波および高周波成分をカットすることで除去している。

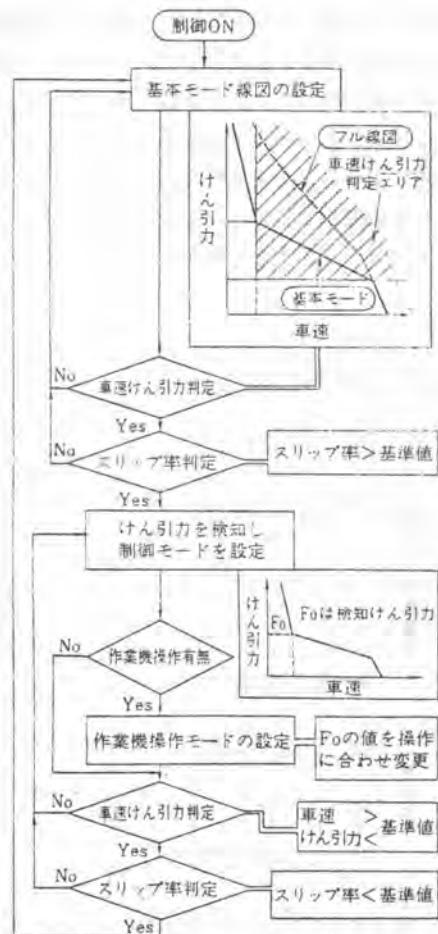


図4 スリップコントロールフローチャート

図5にブロック図を示すが、エンジン出力のコントロールはコントロールからの指令値をガバナモータに伝え、本モータによりエンジンガバナレバーを駆動することでコントロールされる。

#### 4. シュースリップコントロールの効果

シュースリップコントロールを使用したリッパ作業とベテランオペレータによるマニュアル作業を比較したデータを図6に示す。本システムは岩盤硬度により、モード1～5が選択可能となっているが、このテストは、モード3相当の硬さの岩盤地で行ったものである。本テスト中、マニュアル作業時はデセル操作頻度が1回/2秒であったが、シュースリップコントロールでの作業では全くデセル操作を使用せずテストを実施した。シュースリップコントロールの効果として、作業量は同等、シュースリップ率は30%低減しており、特に高けん引力時のシュースリップが大きく低減している。また、燃費も5%低減している。

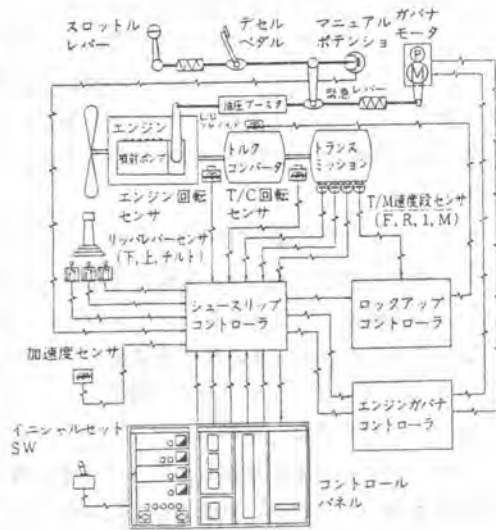


図5 システムブロック図

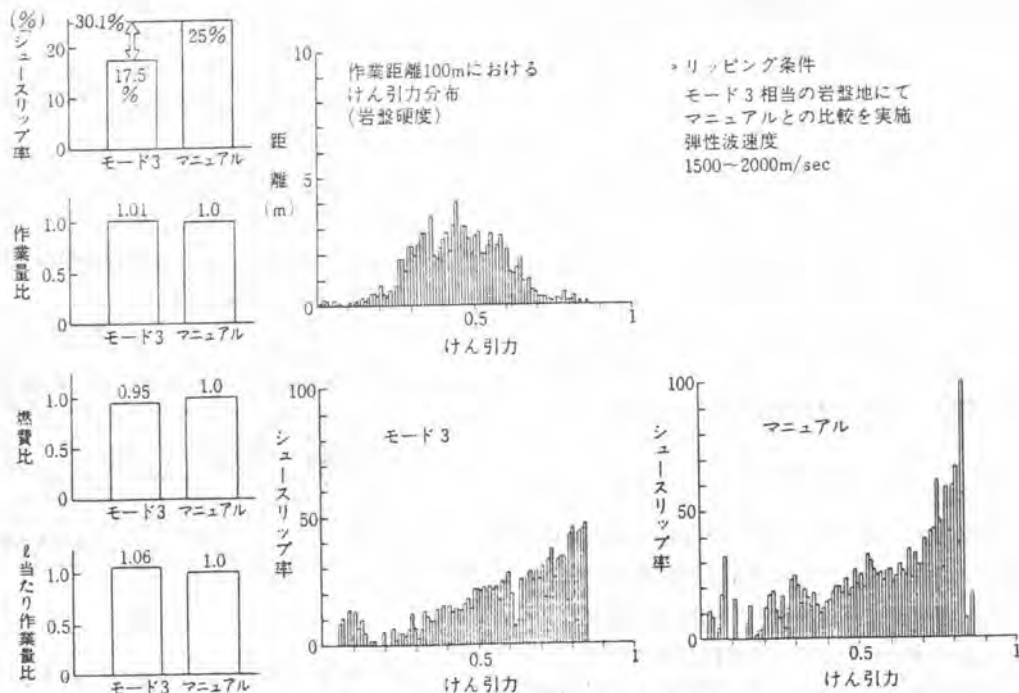


図6 シュースリップコントロール時の性能テスト結果

長時間のユーザテストにおいても本来の作業状況把握・作業を図7に示すように、作業機操作のみにオペレータは専念でき、この操作性向上によつての作業効率向上が高い評価を受けている。具体的なユーザーの声として『岩盤地の過酷なリッパ作業において土質の急変化に対して車が勝手に対応してくれるのでオペレータは気をつかわなくて楽』、『シュースリップが大幅に減つたため車体振動が少なく乗心地がよい』、『シューの摩耗量は20～30%少ない』と予想通りの評価を得ている。

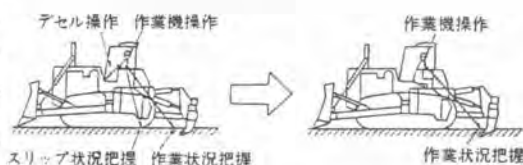


図7 シュースリップコントロールによる操作性の向上

### 5.D375A-2, D475A-2作業別コントロールシステム

これまで、リッパ作業のシュースリップコントロールの概要を述べたが、D375A-2, D475A-2ではブルドーザが行なう各種の作業に対応した作業別コントロールシステムを搭載している。(図8)本システムはリッパシュースリップコントロールに加え、ドーシング作業にパワーコントロールを適用したエコノミモード、大量運土用のトルコンロックアップモード、不整地走行用に車速を制御する後進スローモードを、組み合わせたものであり、ブルドーザの各種作業はこのシステムによって効率的にコントロールされ、作業の効率向上と足回り寿命向上・燃費低減による経済性向上およびオペレータの居住性向上を実現したものである。

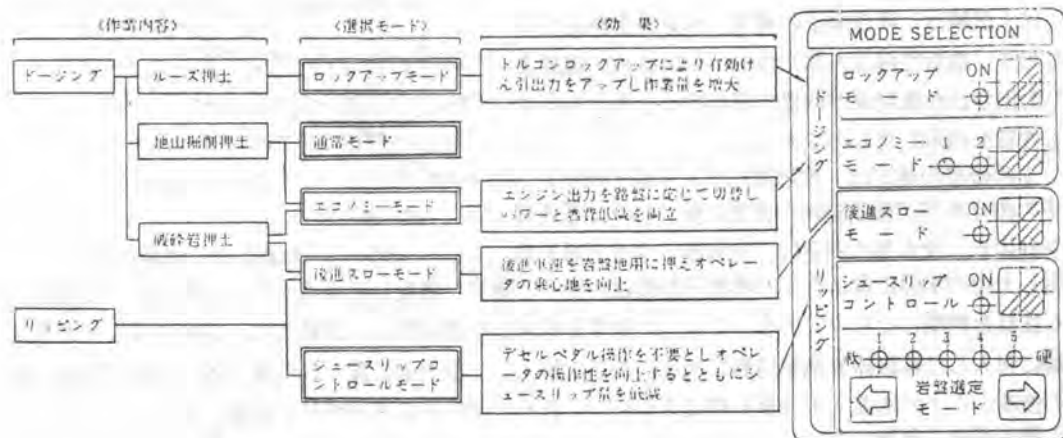


図8 作業別コントロールシステム

### 6.おわりに

本システム搭載車はD475Aが'89年5月より、D375Aが'89年10月より市場導入されており、数多くのユーザから御好評を頂いている。これまでブルドーザの特にリッパ作業の自動化は遅れており、作業能力のみを重視していたところがあったが、本システムより作業の容易化と効率化は大幅に向上している。しかし、より高い目標に向かい今後ともさらに喜ばれる機械を実現するよう取り組みたい。