

38. 小型遠隔操縦除草機械の開発

建設省：上村 弘・*直井 聡一
 (株)クボタ：福田 稔

1. はじめに

河川堤防や道路法面除草は、人力による肩掛式、機械を用いたハンドガイド式及び自走式によって行われている。これらの作業は、ほとんどが斜面上のため、転倒等危険性が伴うなど建設作業における典型的な3K作業である。また、作業員も年々高齢化し、減少する傾向にある。そこで、これらの作業の省力化、効率化並びに作業員の負担軽減と安全性の確保と共に、建設作業のイメージアップを図るため無線遠隔操縦除草機械の開発を行ったものである。

2. 除草作業の現状

堤防等の維持管理のための除草作業は、①手抜き作業による除草、②刈取り除草として、人力、肩掛式草刈機、ハンドガイド式草刈機（写真-1）、搭乗式草刈車、③除草剤による処理等で行われているが、そのほとんどが②によって行われている。

また、除草面積に対して肩掛式草刈機及びハンドガイド式草刈機が、北陸地方建設局での全体除草面積に対して約82%と大部分を占めている。（図-1）

一方、作業員（オペレータ）からこれらの作業に対するアンケート調査を実施した結果は、①夏期炎天下での作業である、②急斜面で滑って危険、③騒音・振動が大きく疲労が多い等、これらに対する改善要望が多かった。また、除草作業に従事する作業員の年齢構成は、40才以下で26%、40才台で39%、50才以上が35%となっている。



写真-1 ハンドガイド式による作業

3. 調査内容

調査は、昭和63年度に無線操縦式除草機械の市場調査、現場適応調査と予備試験機の製作を行い、平成元年度には、予備試験機の適応性調査を含め、ロボット化構想の検討、開発機械（ロボット化ベースマシン）の製作を行った。また、2年度には、開発機械による①走行性、②作業可能法勾配、③エンジン出力、④前後進刈り、⑤作業装置の回転数、⑥作業能力、⑦草刈装置の刈高さ制御の調査を行った。そして、3年度以降、自動化及びロボット化に向けた調査を行っている。



図-1 除草機械別作業比

4. 調査結果

4.1 性能調査

(1) 走行性及び操作性

堤防法面においては、平坦地での走行に比べて重力の影響で谷側方向に引っ張られる力が生じる。さらに、左右のクローラにかかる荷重も山側のクローラに比べて谷側のクローラの方に多くかかるなど、様々な原因により直進性が悪くなり、そのため機械の方向修正も頻繁となる。よって、傾斜地で除草機械自身の直進性と操作性を調査した。

その結果、法面勾配 7° (1 : 8.1) で 12m 走行して 1.5m ズレ落ち、法面勾配 2.7° (1 : 2) では 12m 走行して 5m ズレ落ちた。この結果を受け、傾斜地では谷側クローラの回転を山側より速くすることにより操作回数を低減し、操作を容易にすることを試みた。これは、傾斜地における操作性を向上させるため送信機で左右のクローラ回転数に差を付ける（以下、オフセットと呼ぶ）もので、オフセット調整を設けたことでスティック操作回数が約 3 割減少し、オペレータの負担が軽減された。

また、操作は指先で行えるためハンドガイドのクラッチ操作より、はるかに負担は少ない。

(2) 作業可能法勾配

無線操縦により、登坂可能な法面は全て作業の可能性がある事から、最大作業可能法勾配の調査を行った。その結果、法面と平行に走行した場合、法面角度 30° (1 : 1.7) まで作業可能であった。また、急斜面では、法面に対して垂直に作業を行うことが可能であり、この時の安全作業が可能な法面角度は 35° (1 : 1.4) であった。

(3) 前後進刈り

開発機械は、後進時でも作業可能にすることをねらった。そこで、前後進刈り（図-4）で試験を行ったが、後進作業時の履帯下部の草は走行による倒伏による除草作業精度への影響は殆ど無く、有効であった。よって、法面上での旋回作業から開放され、法面を損傷することが少なく安全かつ効率的な作業が可能である。

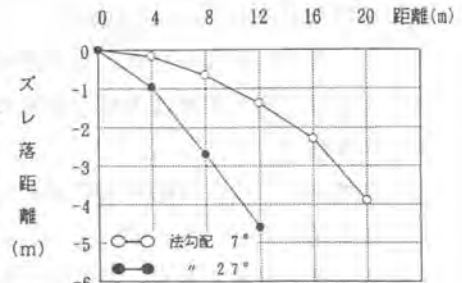


図-2 法勾配による直進性

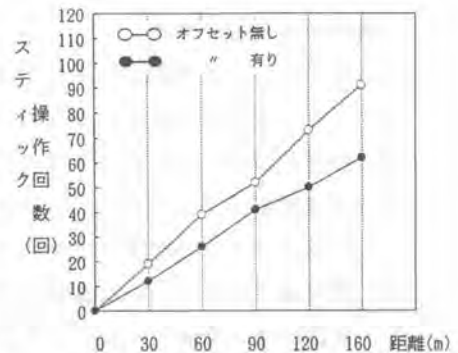


図-3 スティック操作回数

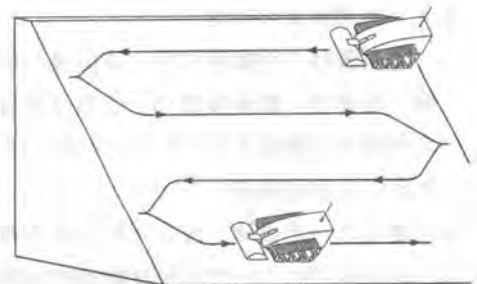


図-4 前後進刈りの作業方法

(4) 作業装置の回転数

作業装置の回転数は、刈刃の回転周速と作業速度から決められる。当初は、作業速度2 km/hとして周速を約25m/s(1250rpm)に設定したが、草の種類によっては刈り残しが生じた。よって、繁茂した様々な草にも対応可能とするため、周速を約40m/s(2100rpm)に変更し調査した結果、除草性能は大幅に改善された。

(5) 作業能力

作業能力は、法面勾配と作業速度によって大幅に異なるが、調査の結果、約1,000㎡/h以上の除草能力があった。また、ハンドガイド等の機械で施工出来ない、勾配のきつい法面でも除草作業が可能であり、安全施工及び省力化施工が可能となった。

5. 開発機械

開発機械の特徴について以下に示す。また、開発機械を写真-2に、主要諸元を表-1に示す。

5.1 無線遠隔操縦の特徴

- ① オペレータは法面から離れた平坦地で作業ができ、安全かつ疲労が少なくなる。
- ② 操縦範囲は、半径約100mである。
- ③ 車速設定ボリュームで、前進、後進、共に4.0 km/hまで無段変速が可能。
- ④ 草刈高さをボリューム調整で設定可能。
- ⑤ 緊急時は、遠隔でエンジン停止が可能。
- ⑥ オフセット調整により法面走行が容易。



5.2 車体の特徴

- ① 駆動系が油圧式のためモアの回転を正逆転することが可能。
- ② 後進時も作業が可能のため法面での旋回作業の必要がなく安全。また、法面も傷めない。
- ③ ラジエータファンを自動正逆転式としたためラジエータに埃が付着しにくい。
- ④ 混信等受信異常時は自動で駆動が停止する。

5.3 制御装置の構成

本装置は、手動操作部、遠隔操作部、制御部、動力装置部、駆動装置部、自動直進装置部及び草刈装置部で構成されている。(図-5)

6. ロボット化の検討

河川堤防の一定領域で無人走行できる草刈機を開発するため法面での走行方法を試験結果に基づき決定し、次に法面走行の問題点と技術的対応の検討を行った。

写真-2 開発機械全景

表-1 主要諸元

エンジン	形 式	水冷直立式4サイクルディーゼル
	排 気 量	1.335 cc
	出力/回転数	2.4 PS / 2600 rpm
無装 線置	周波数/方式	40 MHz帯/PCM
	電波到達距離	100 m
機 体 寸 法	全 長	2,880 mm
	全 幅	1,410 mm
	全 高	1,000 mm
	最低地上高	160 mm
重 量		1,150 kgf
接 地 圧		0.170 kgf/cm ²
静 的 転 倒 角		52度(左右方向)
走 行 装 置	形 式	ゴム履帯式/左右独立油圧駆動
	クローラ中心距離	970 mm
	クローラ幅	300 mm
車 速		0~4.5 km/h
作 業 装 置	駆 動 方 式	油圧駆動/ハンマナイフ式
	刈 幅	1.200 m
	刈 刃 枚 数	72枚
	刈 軸 回 転 数	2,000 rpm
	装 着 方 式	3点リンク直装式
最大除草法面角度		35度

6.1 草刈装置の自動追従

法面上に急激な段差といったものが存在すると、刈高さ制御では対応できずに地面をけずったり、刈り残しが発生する恐れがある。これらを防ぐためには、地上に対する刈高さを正確に計測し追従する作業装置の自動追従機構が必要になる。これを実用化するにあたっては、①雑草や刈草に影響されず、地上高さを正確に検出するセンサの開発。②装置の追従性を高めるため、応答性のよい油圧制御機構の開発が必要と考えられる。

6.2 自動直進走行機構

自動直進走行については、実際に法面上を走行し、自動化にあたっての問題点の整理抽出を行った上で①ジャイロと走行距離計を組み合わせた自立走行制御、②外部支援による位置方位計測制御などを用いた機構の検討が必要である。

7. まとめ

- ① 本機の開発で、オペレータが法面上での作業から開放され作業の安全性が大幅に向上した。
- ② 肩掛式の作業条件下（急法面勾配）でも、当該機械の導入が可能であり省力化が図られる。
- ③ 操作は指先コントロールが可能である。
- ④ カッタの回転方向を正逆転することができるので、前後進刈りが可能となり大幅な作業の効率化が図られた。
- ⑤ 受信異常時の駆動停止機構により、外部電波による誤操作が防止できる。
- ⑥ 将来の除草機械として自律走行制御（ジャイロ等）を行うことにより、ロボットに近い除草機械の開発が可能である。

8. おわりに

これまでの調査で開発した草刈機（小型遠隔操縦式）は、平成3年度から堤防法面除草用として現場に導入されている。また、ロボット化を行うため、ジャイロやレーザ誘導などによる制御システムを導入するための基礎調査を継続的に進めていきたい。

今後も、現場で開発機が十分使用され安全施工と省力化に大いに寄与することを望むものである。

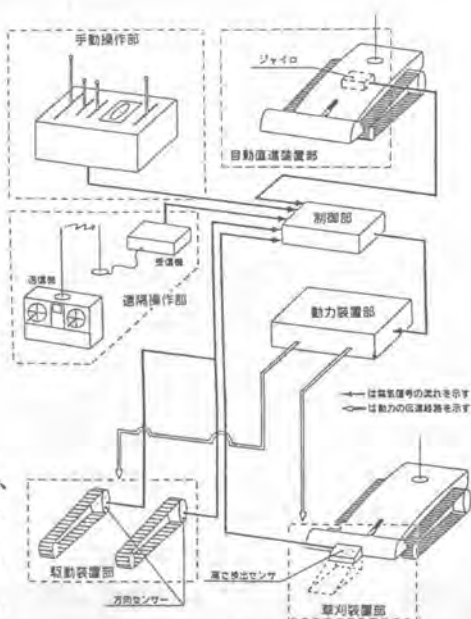


図-5 装置の構成



図-6 装置の自動追従機構

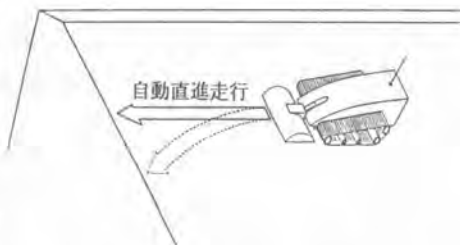


図-7 自動直進走行機構