

4. 低摩擦土工板の開発

小松製作所 *大 柿 光 司・中 島 実
瀬 井 将 公

1. まえがき

石油事情の悪化に伴い、建設機械の省エネ化はますます重要性を増している。建設機械の省エネ化には、機械内部の動力伝達効率の向上を図ることも大切であるが、土へ伝えられ消費されるエネルギーの低減も重要で効果も大きい。建設機械が土と接するのは作業機と、その作業機に動らく力を支える足まわりの二箇所である。本研究では建設機械の代表であるブルドーザの土工板について、土とのかかわりあいを改善し、省エネ化を図った。

2 土工板表面の低摩擦化の必要性

図1に示すように、土工板の切刃で新たに掘削された土が湧出部を通過して押し上げられる時、堆積部と土工板表面から摩擦による抵抗 S_1 、 S_2 を受ける。切刃の前の土はこれらの力によって上から押えられ状態掘削されるので、切刃は特に大きな抵抗を受けると考えられる。したがって S_1 や S_2 の低減を図れば土工板の抵抗の低減が図れ、土工板による掘削の省エネ化が期待できる。特に S_2 を減らせば土工板表面の摩擦損失が減少するので大きな効果が期待できる。 S_2 を減らすには土工板表面の低摩擦化が必要である。

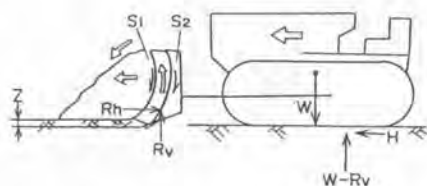


図1 土工板前面の掘削土の動きとブルドーザが受ける力

3 土工板表面の低摩擦化の方法

土工板表面の低摩擦化の方法には、一般の切削での例を参考にし、次の様な方法が考えられる。

(a) 潤滑による方法

(b) 加振による方法

(c) 低摩擦の材料を貼る方法

これらの方法の土工板への適用性を検討する。土工板表面を潤滑するには、全表面に均等に水や空気などの潤滑材を送るのが難しいばかりでなく、送水や送気のための動力を要し、タンク等の装置も必要となり実用性に乏しい。また地面を陽極、切刃・土工板を陰極にして電圧を加え、土中の水と切刃・土工板表面に集める電気浸透法も考えられるが、所用電力が大きく感電による人体への危険などから実用性は少ない。

切刃の加振による振動切削の例は多く、土工板への適応例も見られ、その効果は実験によって確か

められている。しかし切刃・土工板の加振には特別な動力装置を必要とすること、機械に振動が伝わり耐久性が悪化するなどの問題から実用化されていない。

低摩擦材を切刃に使う例として、農業用プラウにテフロンを焼付けたものがあり、一部で実用化されている。この方法は簡単であり、特別な動力やそのための装置が不要なので、耐久性の高い低摩擦材料さえあれば実用性は高い。

以上のことから土工板の表面に低摩擦板を貼って低摩擦化を行なうことにした。

4. 合成樹脂を張付けた低摩擦土工板

4.1 低摩擦土工板の構造と低摩擦板の特性

低摩擦土工板の構造を図2に示す。切刃の上端と土工板上端の押え板とで低摩擦樹脂板(超高分子ポリエチレン: UPE)をはさみつけている。低摩擦板は土工板前面のRに沿って曲げられているが、この材料は記憶性があり、時間の経過とともに曲げ加工以前の真直な状態に戻ろうとする。弧ABが真直になろうとするとき低摩擦板の両端には大きな圧縮力が生じ、低摩擦板は土工板に押し付けられる。押し付けが充分大きいので、接着剤を必要としない。

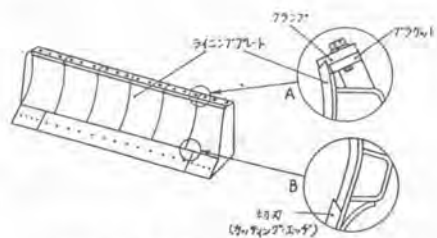


図2 低摩擦土工板の構造

低摩擦板として用いたUPEはエチレンを直鎖状にしたもので、分子量約100万の樹脂を板状にしたものである。代表的な低摩擦材のテフロンと比較すると、

- (a) 廉価でありテフロンの約1/4の価格である。
- (b) 土に対する摩擦特性は図3に示すように、砂の場合ほぼ等しく、ロームの場合僅かに高い。しかし鋼と比べるとはるかに高い低摩擦性を呈する。
- (c) 砂に対する摩擦速度を測定すると、テフロン約0.6倍で摩擦しにくい。

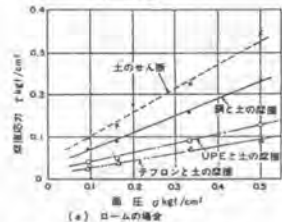
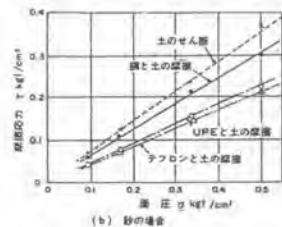


図3-低摩擦材の摩擦特性

4.2 低摩擦土工板の性能

低摩擦土工板と低摩擦板を貼らない元の土工板とを図4の装置に取りつけて、一定深さと一定の速度0.4 m/secでロームと砂を掘削した場合の、押土量 Q (m³)と掘削抵抗 R_h (kgf), R_w (kgf) との関係を測定した。なお実験に用いた土および低摩擦板(UPE)の特性は図3である。実験結果を図5に示すが、どちらの土工板

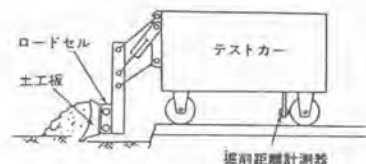


図4 掘削実験装置の概略

についても、水平抵抗 R_h は押土量 Q とともに直線的に増加する。垂直抵抗 R_v はロームの場合 Q とともに直線的に増加するが、砂の場合ははじめに僅かに減少しその後増加する。いづれの場合も、低摩擦土工板の方が R_h 、 R_v ともに低い値を示し、抵抗低減に対する低摩擦化の効果が著しい。

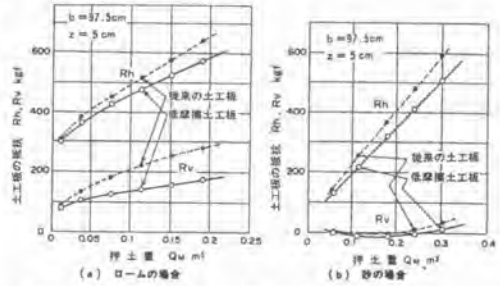
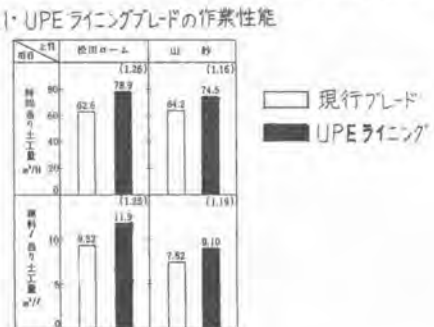


図5 土工板が受ける抵抗と押土量との関係

4.3 実験における作業量測定

総重量3600kgfのブルドーザに巾2180mmの現行土工板と低摩擦土工板を装着し、掘削距離15m、散土距離7.5mで10サイクルの作業を行ない、掘削された土の元の体積 U (m³)と作業に要した時間 T (h) および燃料消費量 C (Q)を測定した。車速は前進0.78m/sec、後進1.8m/secで土質は、湿ったロームと湿った砂である。実験結果を表1に示す。低摩擦土工板は現行土工板に比べて、ロームの場合26%高い時間当り作業量と、20%低い燃料消費量を示す。砂の場合は16%高い作業量と16%低い燃料消費量を示す。ロームにおいても砂においても低摩擦化によるブルドーザの省エネ効果と性能向上は著しい。



4.4 低摩擦板の耐久性

大きさの異なる種々のブルドーザに低摩擦土工板を装着し実用に供し、その耐久性を摩耗および損傷について調べた。摩耗量についての測定結果を図6に示す。またこの間に生じた最も激しい損傷も実作業に全く影響を与えないことが判った。摩耗速度は礫地以外の普通の土質で使われる場合高々0.002mm/hであり、低摩擦板の板厚を20mmとしてそのうち10mm摩耗したら交換するとすれば、一枚の摩耗寿命は5000hである。

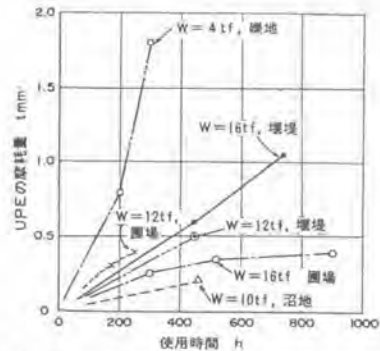


図6 種々の作業現場で使われた低摩擦土工板のUPEの摩耗量

5 低摩擦土工板の効果

5.1 経済性

低摩擦土工板が普及するには、これを装着したブルドーザを使って得られる土工単価が、従来の土工単価より安くなければならない。土工単価は次式で表わされる。

$$\text{土工単価} = \frac{(\text{購入価額}) \times (1 - \text{残存率}) + (\text{修理費})}{(\text{耐用時間})} + \frac{(\text{購入価額}) \times (\text{管理費率})}{(\text{年間稼働時間})} + (\text{燃料費}) + (\text{件費}) + (\text{油脂消耗品費})$$

(時間当り作業量)

低摩擦土工板を使う場合、ブルドーザの耐用時間内で、低摩擦板を1回交換すると、購入価格が(低摩擦板の装着費)の1.9倍だけ増加する。今ブルドーザの耐用時間を10000hとしこれを2とすると、購入価格の増加分はたかだか8%と僅かな額である。これに対し単位作業量当りの燃費の減少および作業量の増加は、15%~25%に達するので、土工単価は低下しユーザ・コストは顕著に減少する。

5.2 その他の効果

低摩擦土工板の効果は省エネによるユーザ・コストの低減にとどまらない。今までのユーザの方々の官能評価を下記する。

- (a) 土離れが良く整地の能率が向上する。
- (b) 土の巻きが良く、後方への荷こぼれが少ない。
- (c) 土工板の食い込みが良い。
- (d) 土工板の突きあげが小さく、車体が安定している。
- (e) 土工板の操作回数が減り、疲労が少ない。

6. まとめ

土工板を低摩擦化することで、ブルドーザの省エネ化を回りユーザ・コストを低減できた。低摩擦土工板は昭和56年1月から販売されユーザの高い評価を得ている。

土工板以外にも、建設機械と土との接点を低摩擦化することで、省エネや性能向上を図れるものが数多くあると思われる。今後も土と建設機械のかかり合い方という観点から性能向上、ユーザ・コストの低減を図っていきたい。