



土木研究所資料

第703号

路面圧雪処理に関する研究

—振動式および衝撃式による圧雪処理について—

昭和46年11月

建設省土木研究所

機械施工部 機械研究室

要 旨

この報告書は、冬季、道路上に発生する圧雪を除去する機械の開発をはかる目的で、44年度作製した振動圧雪切削試験車(2W-400)に2種類のアタッチメントを装置し、各種機械操作条件で圧雪切削実験を行なった結果について述べたものである。この実験機に装置したアタッチメントは、振動を切刃に与え圧雪切削効果をねらった振動式圧雪切削装置、切刃による衝撃を圧雪に加える衝撃式圧雪切削装置であり、本年度に開発試作したものである。実験は、越後湯沢町国道17号線上で行ない、アタッチメントを上から押付ける押付力・試験機の走行速度・振動数・クランク軸回転数を変化させ、その時の圧雪切削深、除雪能率・除雪比抵抗を測定した。又同時に圧雪の物性として雪温、硬度、密度を測定した。この結果、両形式とも押付力の効果、振動式については振動数の増加による走行抵抗の減少、衝撃式については、軸回転速度の増加による除雪能率、切削深の増加が認められた。なお同時に昭和44年度実験を行なったロータリータイン式、ブレード式の比較をした結果、4角刃のブレードが最も能率がよいことが分かった。

交通路及び平地の雪処理技術の開発に関する研究

交通路の雪処理技術の開発に関する研究

路面圧雪処理に関する研究

建設省 土木研究所 機械研究室

田 中 康 之
岡 崎 治 義
小 山 博 司

目 次

1. ま え が き	1
2. 研 究 目 的	2
3. 研 究 概 要	2
3-1 実 験 装 置	2
(1) 圧雪処理試験車	2
(2) 振動式圧雪切削装置	3
(3) 衝撃式圧雪切削装置	3
3-2 計 測 器	3
計測器接続法 計測器取り付け方法	3
3-3 実 験 日 程	3
3-4 実 験 場 所	5
3-5 実 験 方 法	5
4. 解 析 方 法	9
4-1 振動式圧雪切削装置の解析方法	9
4-1-1 切 削 比 抵 抗	9
4-1-2 線 圧	9
4-1-3 除 雪 能 率	11
4-2 衝撃式圧雪切削装置の解析方法	11

4-2-1 切刃速度	11
4-2-2 除雪能率	12
5. 実験結果及び考察	13
5-1 実験結果 振動式、衝撃式	13
5-2 実験結果の考察	13
5-2-1 振動式圧雪切削試験	13
(1) 総線圧と切削深さ	13
(2) 圧雪切削に及ぼす起振力の影響	17
(3) 除雪能率と線圧	19
(4) 毎分振動数と除雪能率	19
(5) 切削比抵抗と毎分振動数	21
5-2-2 衝撃式圧雪切削装置	21
(1) 切削深さと軸回転速度	21
(2) 押付力の効果	22
(3) 切削深さと打撃ピッチの関係	24
(4) 切刃速度と切削深さ	25
(5) 軸回転速度と除雪能率	25
(6) 除雪能率と打撃ピッチと除雪能率	26
(7) 軸回転速度と切削比抵抗	27
5-3 各種圧雪試験機の性能比較	27
5-4 実用機への応用	29
6. 結 論	32
7. あ と が き	33
8. 写 真	34
9. 参 考 文 献	36

1 ま え が き

毎年冬期になると、我が国の日本海側に面した雪氷の影響を受ける地方では、路面上に積った雪が車輛によって圧縮され、圧雪層が発生する。この圧雪によって路面の滑り摩擦係数が著しく減少し、その為スリップ事故が増大し、また、輪だち掘れによる操向困難等の交通障害が起り、道路としての機能がそなわれている。これらの障害を解消するために路面圧雪を効果的に処理する方法の開発が望まれていた。

こういった現状にかんがみ、科学技術庁国立防災科学技術センターは、昭和43年度を初年度として、3ケ年で「交通路における雪処理技術の開発に関する研究」を推進しており、その一環として、建設省土木研究所機械研究室で「圧雪処理技術に関する研究」を受託し、昭和43年度は試験機の製作を行ない、昭和44年度にはブラウ式及びロータリータイン式の実験⁽¹⁾を行なった。その結果ブラウ式の処理機構では、線圧が8Kg/cm以上で切削深さが急増し、12~16Kg/cmで最大となり、また切刃を三角、四角に切欠いた刃を用いると効果が上ること、一方ロータリータイン式では打撃ピッチを大きくとることが望まれることが分った。

本年度は振動式圧雪切削装置、衝撃式圧雪切削装置を作製し、実験を行なった。この報告書ではその実験結果をとりまとめたものである。

2 研究目的

振動式圧雪切削装置と衝撃式圧雪切削装置、二機種の試験装置を使って、各圧雪条件下、機械の各作業条件下で、圧雪切削を行ない、振動式と衝撃式の夫々のもつ固有の機械的特性と圧雪の切削性との関係を切削能力、および能率という起点から調べることを主目的としている。そのために、振動式については、圧雪切削装置を圧雪中に喰い込ませるためのシリンダ押付力、アンバランスマスによる起振力と切削深さ、時間当り振動数と切削深さ、及び切削比抵抗、除雪能率等の関係を調べ、一方、衝撃式については、軸回転速度と切削深さ、除雪能率、切削比抵抗と軸回転速度、打撃ピッチ、切刃速度と切削深さ等の関係を求めた。更に昭和44年度試作したブラウ式、ロータリータイン式圧雪処理装置を加えた4機種の試験装置を対比して、実用機に適用され得るか否かを判定することを目的とした。

3 研究概要

3-1 実験装置

(1) 圧雪処理試験車

圧雪処理試験車としては、昭和43年度作成した三菱2W-400を使用した。その外観を写真-1に示す。

本年度においては、この試験車の前方に、(2)、(3)で説明する振動式圧雪切削装置及び衝撃式圧雪切削装置を取りつけた。



(2) 振動式圧雪切削装置

振動式圧雪切削装置は、トラクタ（三菱 2W-400）の前部に切刃へ振動を与えるための起振装置を設け、トラクタの荷台に起振駆動用の原動機を搭載したもので、仕様を表-1に、寸法を図-1に示す。起振機の駆動は油圧ポンプ、油圧モーターを使用し、アンバランスマスの回転速度は無段変速できるようにした。

起振装置は2軸偏心式で、振動方向は鉛直とした。

なお、装置の上から油圧シリンダで押付力を加えて、切刃の線圧を増している。又切刃は一般に使用されている平刃とした。

表-1 振動式圧雪切削装置

ブレード	切 削 巾	80 mm
	切 刃	耐摩耗性肉盛溶接
線 圧	進 行 角	最大 27 Kg/cm (静圧)
	切 削 角	30°
起 振 機	型 式	2軸偏心式
	振 動 数	0 ~ 600 rpm (可変)
起 振 力	起 振 力	可変 (最大 2160 Kg (600 rpm))
	偏心慣性モーメント	可変 (最大 3.72×10^{-3} Kg m Sec ²)
所 要 動 力	所 要 動 力	181×10^3 Kg m / Sec

(3) 衝撃式圧雪切削装置

衝撃式圧雪切削装置は、クランク機構を用いて圧雪に衝撃力を与えるもので、コンロッドの先に切刃を取り付け振動式と同じ油圧モーターで発生した回転力を、チェーンによりクランク軸に伝達させ、これにより回転運動を往復運動に変換して切刃に伝え、衝撃的な力を圧雪層に与える機構になっている。クランク軸の駆動方法は、振動式と同一である。装置の概略仕様を表-2に外観を写真-2に、寸法を図-2に示す。

3-2 計測器

圧雪試験車に計測器一式及び計測器電源の鉛蓄電池を搭載し、図-4に示す測定対象因子について計測を行なった。図-3に計測器及び電源、記録計の接続法、又、計測用具をブロックダイアグラムに示し、図-4に計測器のピックアップ取り付け個所を示した。

3-3 実験日程

実験は、振動式圧雪切削機と衝撃式圧雪切削機をそれぞれ2回に分けて行なった。

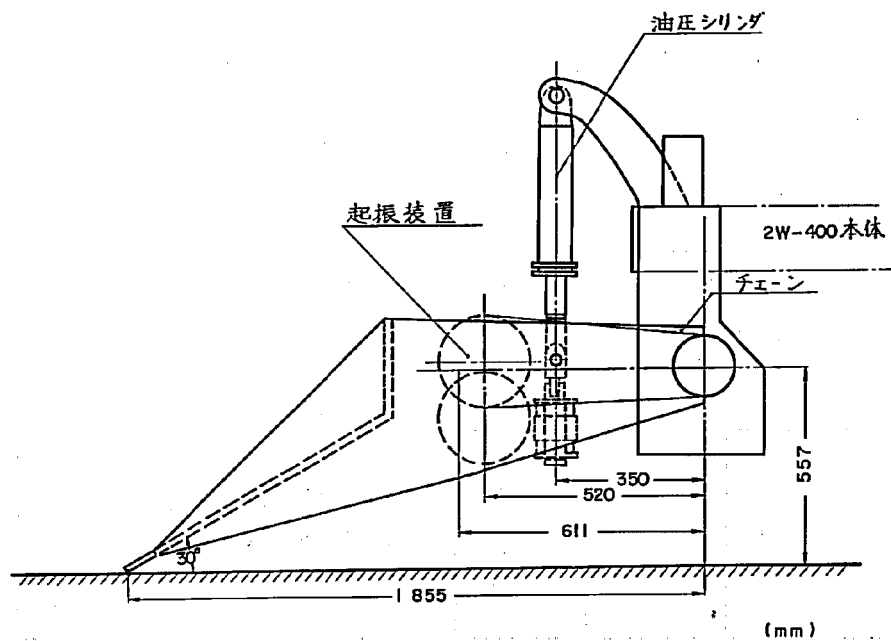


図 - 1 振動式圧雪切削機

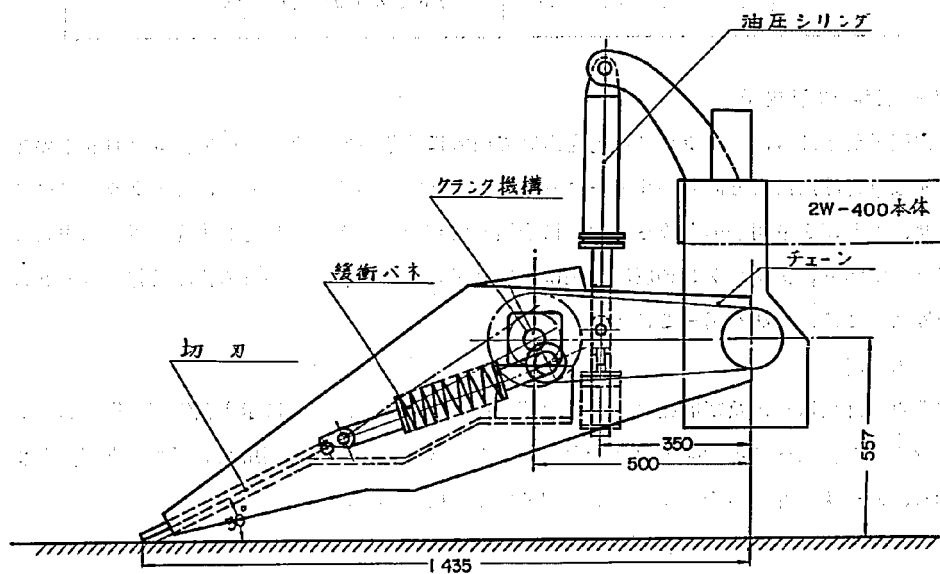


図 - 2 衝撃式圧雪切削機

表-2 衝撃式圧雪切削装置

ブレード	有効切削巾	800mm
	可動部切削巾	150mm×4個
	ストローク	50mm
緩衝パネ	パネ常数	10Kg/mm
	取付荷重	380Kg
	最大荷重	885Kg(50mm圧縮)
クランク軸	クランク個数	4個
	クランク角度	2個づつ180度偏位
	クランク偏心量	50mm
	クランク回転数	max150rpm
	所要トルク	540Kgm(緩衝パネ圧縮)
	所要出力	最大 847Kgm/sec

振動式圧雪切削実験

- (1) 自 昭和46年1月26日
至 昭和46年1月28日
- (2) 自 昭和46年2月11日
至 昭和46年2月13日

衝撃式圧雪切削実験

- (1) 自 昭和46年1月26日
至 昭和46年1月28日
- (2) 自 昭和46年2月9日
至 昭和46年2月10日

3-4 実験場所

新潟県西魚沼郡湯沢町三俣地先の国道
17号線

3-5 実験方法

実験手順は図-5に示すフローシートの
要領に従って行なった。実験コースは、圧
雪が40mm以上、直線で見通しのきく平坦
路面で50~70mを選んで1実験コース

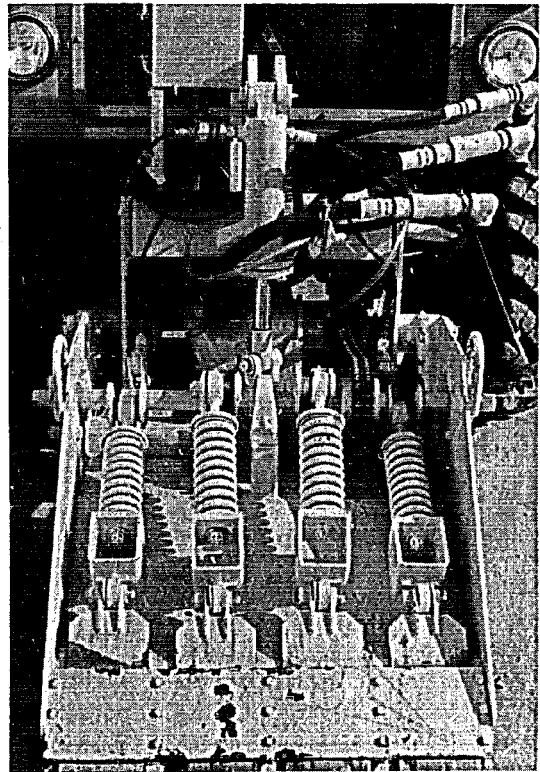


写真-2 衝撃式圧雪切削機

とし、切削実験は路側の雪堤から約1 m 50 cm道路中央寄りの位置をとった。コース選定の後、その内を2区間として、まず、雪質調査、圧雪深さを測定し、あらかじめ設定した機械性能条件下で実験、測定を行なった。図-6に実験1区間の大きさ、雪質採取個所、測定方法、圧雪深さ測定個所を示す。

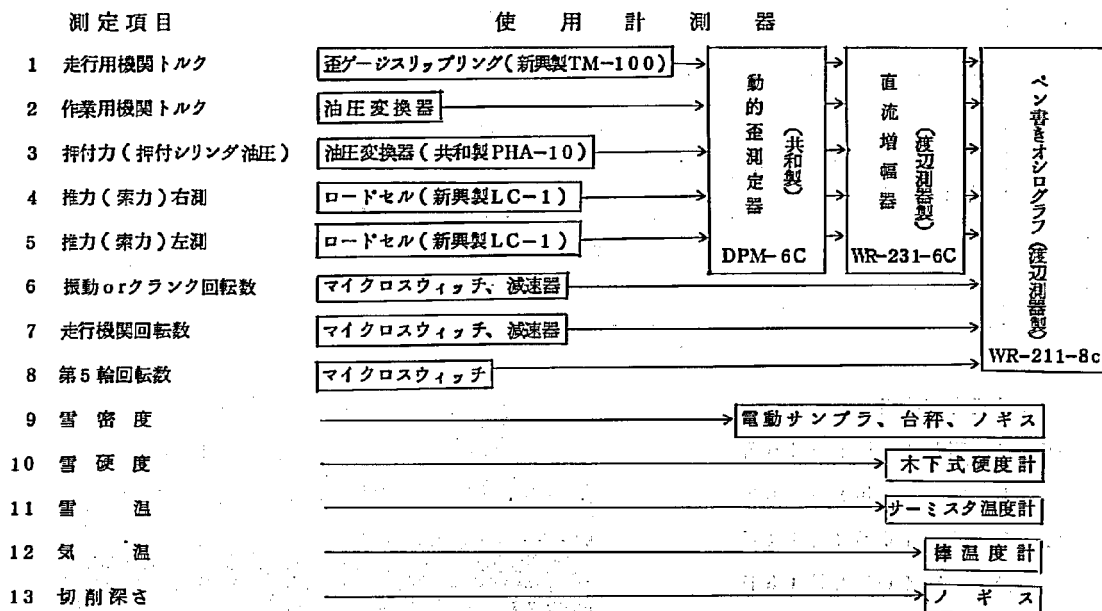


図-3 測定項目及び使用計測器

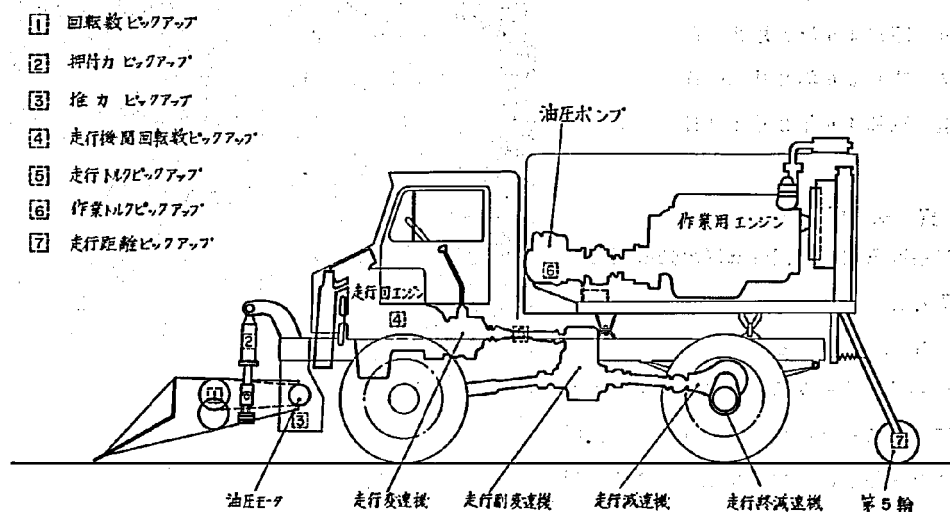


図-4 測定対象及び検出部

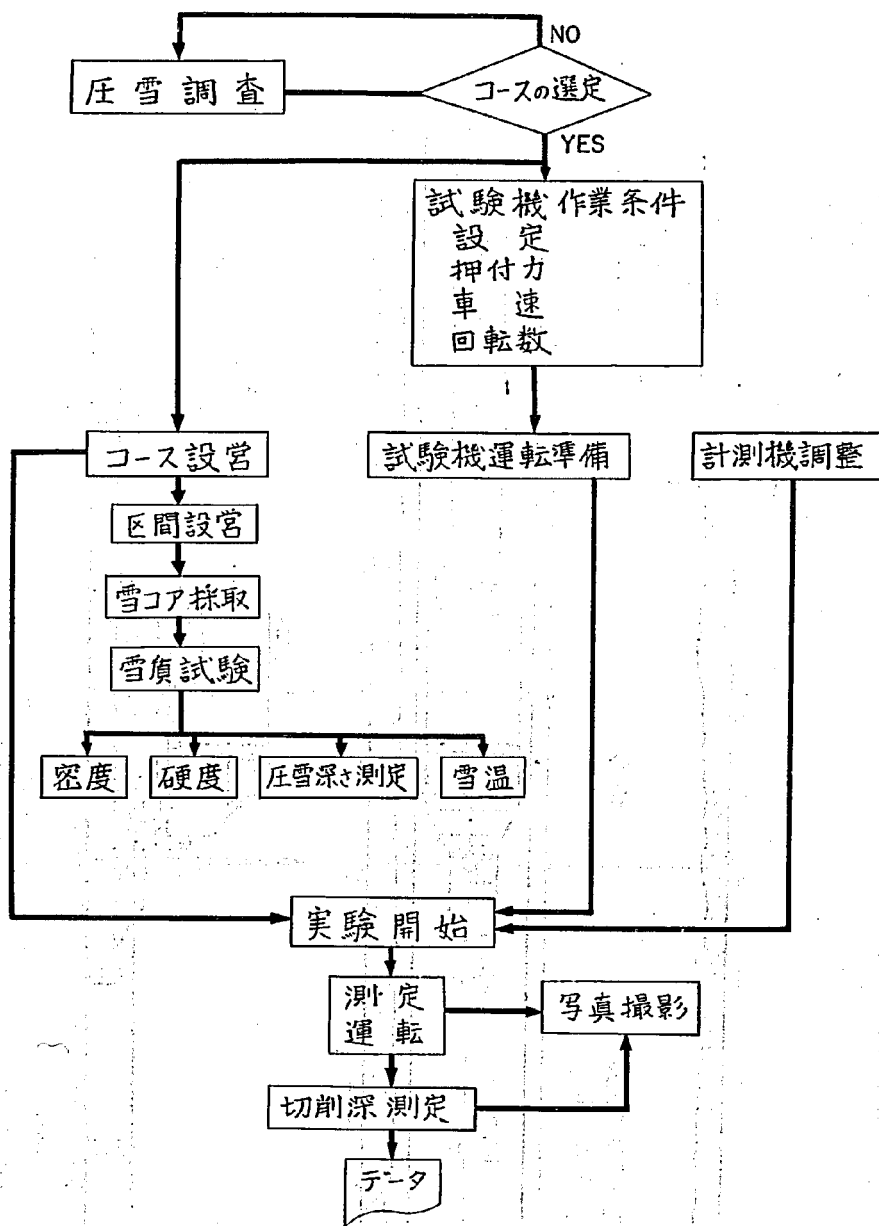


図 - 5 実験方法フローチャート

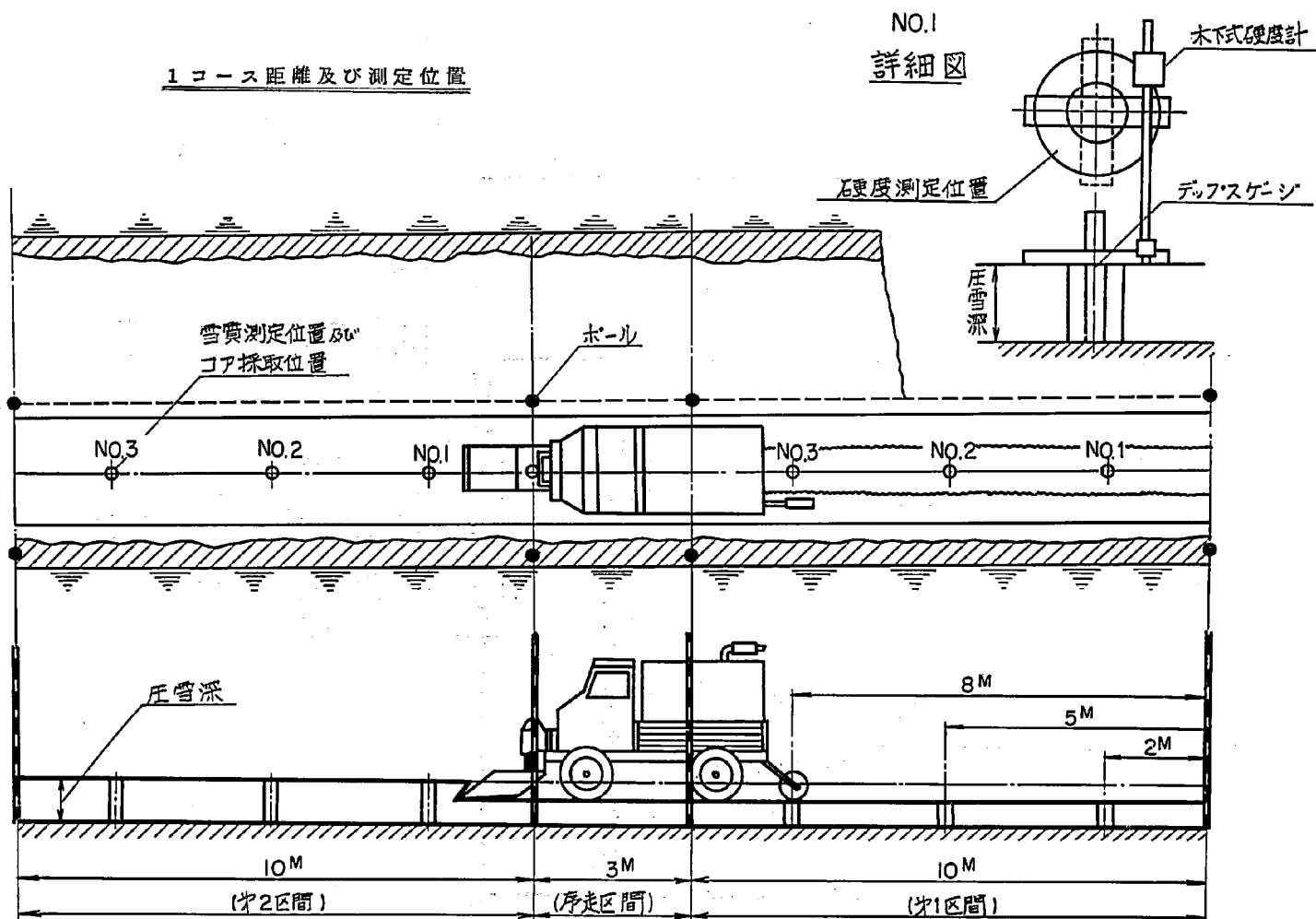


図 - 6

4 解析方法

振動式、衝撃式圧雪切削装置で圧雪を切削している際にアタッチメントにかかる力の平衡について考えてみることにし、圧雪切削に使われる力を算出する。

- M_g : アタッチメント重力
- P : 油圧シリンダからの押付力
- $T \sin \omega t$: 振動力
- F_1 : 機械本体からの反力の鉛直成分
- F_2 : 推力
- S_1 : 圧雪からの鉛直方向反力
- S_2 : 圧雪からの水平方向反力

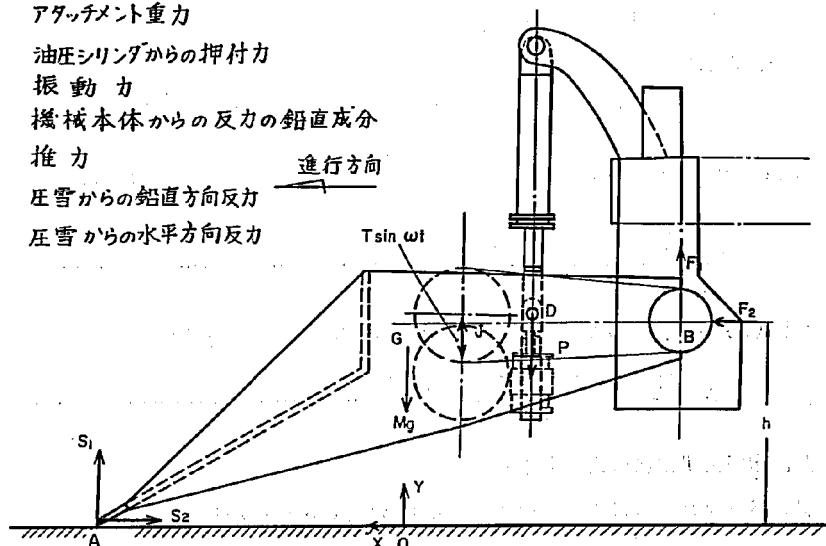


図-7 アタッチメントにかかる力(振動力)

4-1 振動式圧雪切削装置の解析方法

振動式圧雪破壊機構は、アンバランスマスによる振動を切刃に与えて、圧雪を破碎するものである。このアタッチメントにかかる外力について説明する。図-7より重心Gでアタッチメント重力 M_g が働き、油圧シリンダからの押付力 P 、起振装置からの起振力 T 、B点において、機械本体からの反力 F_1 、推力 F_2 、又、他端Aでは、圧雪からの鉛直方向反力 S_1 、進行方向 S_2 の下に平衡が成立する。

$$F_2 - S_2 = 0 \quad \text{①}$$

$$S_1 - M_g - P - T + F_1 = 0 \quad \text{②}$$

4-1-1 切削比抵抗(暫)

切削比抵抗とは、切刃が圧雪に喰い込んでいる部分の断面積を考えた場合、単位断面積当りの抵抗力和定義されるから、

$$\text{切削比抵抗} = S_2 / \text{断面積}$$

①式より、切削比抵抗 $= F_2 / \text{断面積}$ となる。

4-1-2 線 圧 (kg/cm)

線圧はブラウ刃先に作用する力の大きさをいうもので、ブラウに作用する鉛直方向の力をブラウ除雪有効幅で除した値である。振動式圧雪切削装置のブラウ刃先に作用する力は、ブラウ押付力とアンバランスマスの回転による偏心モーメントで発生する起振力が作用するものであるから、これを除雪有効幅で除した値が次式で求められる。②式より、

$$S_1 = Mg + P - F_2 + T \dots\dots\dots ③$$

一方、A点でのモーメントは零であるから、

$$F_1 = \{ Mg(\ell_1 - \ell) + P(\ell_1 - \ell_2) + T(\ell_1 - \ell_2) - F_2 h \} / \ell_1 \dots\dots\dots ④$$

$$\therefore S_1 = P + Mg + T - \frac{Mg(\ell_1 - \ell) + P(\ell_1 - \ell_2) + T(\ell_1 - \ell_2) - F_2 h}{\ell_1}$$

$$= \frac{Mg\ell + P\ell_2 + T\ell_3 + F_2 h}{\ell_1} \dots\dots\dots ⑤$$

$$\text{線圧}(S) = S_1 / b \text{ (Kg/cm)} \quad b: \text{除雪有効幅 (cm)} = 80 \text{ cm}$$

$$S = \frac{Mg\ell + P\ell_2 + T\ell_3 + F_2 h}{b\ell_1} \dots\dots\dots ⑥$$

又、起振力Tは次の式から求める。

アンバランスマスによる振動エネルギー(E_v)(Kg-m)は

$$E_v = \frac{1}{2} m a^2 \omega^2 \dots\dots\dots ⑦$$

m : 質量(Kg s²/m) a : 振幅(cm) ω = 角速度(rad/s)

アンバランスマス(2個)の回転エネルギー(E_r)(Kg cm)は

$$E_r = 2 \times (I \times \omega^2) \dots\dots\dots ⑧$$

I : 慣性モーメント(Kg s² cm)

そして、振動エネルギー(E_v) = 回転エネルギー(E_r)より、

$$2 I \omega^2 = \frac{1}{2} m a^2 \omega^2$$

$$\therefore a = \sqrt{4 I / m} \dots\dots\dots ⑨$$

最大起振力(T) Kg は

$$T = m a \omega^2 \dots\dots\dots ⑩$$

ここで各記号の実測値を示すと

$$m = 263.1 / 9.8 = 26.85 \text{ (Kg s}^2 \text{ / m)}$$

$$a = 2.68 \text{ (cm)} = 0.0268 \text{ (m)}$$

$$\omega = 2\pi n / 60 \text{ (rad/s)} \quad n: \text{偏心軸回転速度 (rpm)}$$

⑩式に代入して

$$T = m a \omega^2 = 26.85 \times 0.0268 \times (2 \times 3.14 / 60)^2 \times n^2$$

$$= 0.00788 n^2 \text{ (Kg)}$$

$$\text{一方 } \ell = 61.1 (\text{cm}) \quad \ell_2 = 35.0 (\text{cm}) \quad h = 55.7 (\text{cm})$$

$$\ell_3 = 52.0 (\text{cm}) \quad \ell_1 = 185.5 (\text{cm}) \quad b = 80 (\text{cm})$$

⑥式より線圧 S (Kg) は

$$S = \frac{Mg\ell + P\ell_2 + F_2 h + T\ell_3}{b\ell_1} = \frac{263.1 \times 61.1 + 35P + 55.7F_2 + 52T}{80 \times 185.5}$$

$$= 1.083 + 0.0024P + 0.0038F_2 + 0.0000276 \times n^2 \dots\dots\dots ⑩$$

4-1-3 除雪能率

除雪能率には除雪機械の性能を把握するために種々の表現方法があるが、ここでは時間当りの除雪重量 t/h をその時に必要とした動力 (PS) で割った値 (t/psh) を採用した。各部の性能別に分けると次の3種類の除雪能率が考えられる。

① 除雪能率(作) = (除雪重量/時間)/作用馬力 (t/psh)

② 除雪能率(振) = (除雪重量/時間)/振動馬力 (t/psh)

③ 除雪能率(全) = (除雪重量/時間)/全馬力 (t/psh)

4-2 衝撃式圧雪切削装置の解析方法

4-2-1 切刃速度

衝撃式圧雪切削装置の圧雪破砕機構は、クランク軸を介して、作業回転動力を切刃の直進往復運動に変換させ、この切刃の衝撃によって圧雪を破砕させる効果をねらったものである。軸回転速度が増加すれば、走行速度に対して切刃の速度が大きくなり、抵抗力 s_1 は衝撃力的挙動を示す。したがって一枚の切刃の絶対速度を計算してみると、切刃の速度 $\vec{V} = V_x \vec{i} + V_y \vec{j} \dots\dots\dots ⑪$

今 V_x , V_y は切刃のそれぞれ x 方向、 y 方向の速度成分で、切刃の角度は、30度固定されているから、

$$V = |\vec{V}| = V_x / \cos 30^\circ = V_y / \sin 30^\circ = 2V_x / \sqrt{3} = 2V_y \dots\dots\dots ⑫$$

図-8で、クランク軸0と切刃AB、コンロッドBCの系を考え、試験機の進行方向を x 軸、鉛直方向を y 軸とし、車速 v 、クランク軸の角速度 ω で回転させたとき、時間 t での刃先 A' の変位を x , y とすると、

$$x = \frac{\sqrt{3}}{2} (R \sin \omega t + \sqrt{L^2 + R^2} \cos^2 \omega t + \ell) \dots\dots\dots ⑬$$

$$y = \frac{1}{2} (R \sin \omega t + \sqrt{L^2 - R^2} \cos^2 \omega t - L^2 - R^2) \dots\dots\dots ⑭$$

速度は、⑬、⑭の両式を t で微分して、

$$V_x = \frac{dx}{dt} = \frac{\sqrt{3}}{2} R \omega \cos \omega t + \frac{\sqrt{3}}{4} \cdot \frac{R^2 \omega \sin 2 \omega t}{\sqrt{L^2 - R^2} \cos^2 \omega t} \dots\dots\dots ⑮$$

$$V_y = \frac{dy}{dt} = \frac{1}{2} R\omega \cos \omega t + \frac{1}{4} \cdot \frac{R^2 \omega \sin^2 \omega t}{\sqrt{L^2 - R^2 \cos^2 \omega t}} \quad (17)$$

$$\therefore V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (18)$$

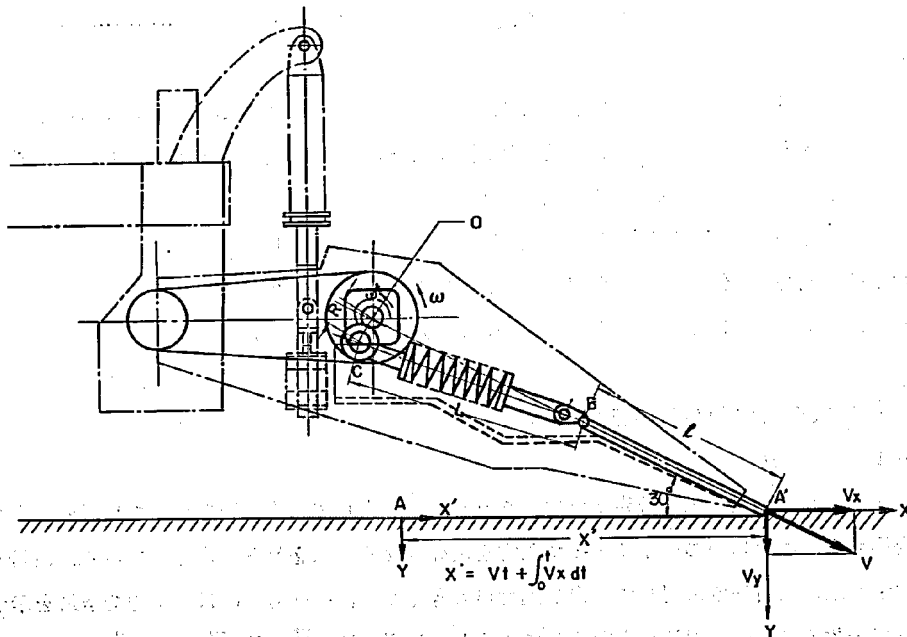


図-8 衝撃式圧雪切削機、各部寸法及び切刃速度

一方、切刃を含む試験機の系全体は車速 v で前進(相対速度)しているから、 x 方向速度は、 $V_x + v$ になる。

4-2-2 除雪能率

振動式と同様に時間当りの除雪重量 t/h をその時に必要とした作用馬力 PS で除した値 $t/ps h$ を採用した。除雪重量は図-9に示したような断面になり、ここでは一応断面を三角形と近似して計算した。

$$X = \frac{3}{2} (R \sin \omega t + \sqrt{L^2 + R^2 \cos^2 \omega t} + L) + Vt$$

$$Y = \frac{1}{2} (R \sin \omega t + \sqrt{L^2 + R^2 \cos^2 \omega t} - \sqrt{L^2 - R^2})$$

d: 最大圧雪切削深 $Y_{\max}$

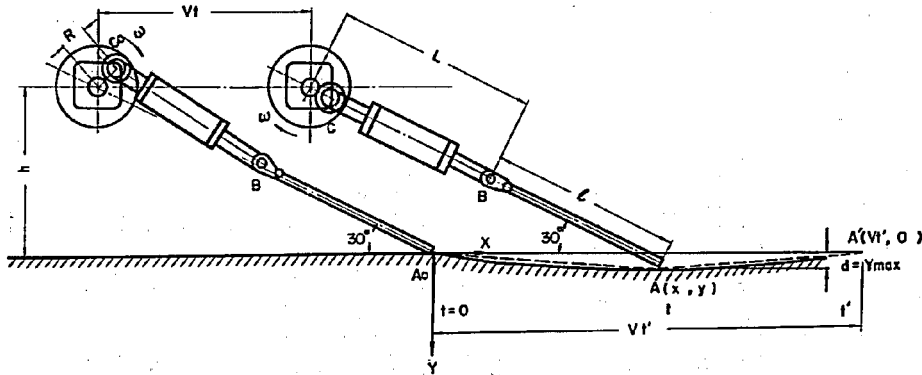


図-9 切刃の圧雪切削プロフィール(衝撃式)

5. 実験結果及び考察

5-1 実験結果

主な計測値及び計測結果一覧表(振動式圧雪切削試験結果)を表-3に、(衝撃式圧雪切削試験結果)を表-4に示す。

5-2 実験効果の考察

5-2-1 振動式圧雪切削試験

(1) 総線圧と切削深さ

圧雪切削装置に自重、押付力、起振力を加えた総線圧の大きさがどの程度切削深に影響するかを調べるために、総線圧と切削深との関係を図-10に示す。この図から、一般に圧雪切削深は線圧の増加するにつれて大きくなる。しかし、同じ試験条件で行なったにもかかわらず、これらの各点は大きく二つの傾向に分れていることがわかる。一方は1月行なった実験で図中の白丸の点で、黒丸は2月のデータである。これをみると、2月に実験した方が1月に比べて、同線圧でも良く切削されていることがわかる。この理由の一つとして、1, 2月の雪質の差異が影響しているものと思われる。ここで1, 2月の雪質の測定結果を表-5に示す。なお、このデータは各回行なった雪質試験の平均値を示したものである。

表 - 3 振動式圧雪切削試験計測結果

- 1

項 目	除 雪 速 度	走 行 機 関 トルク	走 行 機 関 出力	押 付 力	振 動 速 度	線 圧	推 力	作 用 馬 力	振 動 トルク	振 動 出 力	切 削 深 さ	雪 密 度	硬 度	時 間 当 除 雪 量	除 雪 能 率				除 雪 比 抵 抗
	単位 月日	Km/h	Kg·m	PS	Kg	cpm	Kg/cm	Kg	PS	Kg·m	PS	cm	g/cm ³	Kg/cm ²	t/h	除雪量 /作用馬力 t/psh	除雪量 /振動出力 t/psh	除雪量 /作用馬力+振動出力 t/psh	Kg/cm ²
46 ・ 1 ・ 24		3.75	2.80		1517	343.6	9.0	270	3.75			0.50	0.46	64.0	7.3	1.80			7.14
		3.60	1.85		1614	448.5	11.4	224	2.99			0.80	0.61	51.3	13.9	4.66			3.50
		3.87	3.17		1628	580.1	15.4	295	4.23			0.83	0.50	56.3	12.7	2.99			5.38
		3.80	1.86		883	0	3.8	167	2.35			0.73	0.53	63.0	11.7	4.97			2.90
		3.88	1.67		926	317.7	6.8	189	2.71			0.52	0.53	58.4	8.4	3.10			4.89
		3.89	1.84		889	485.3	10.4	169	2.44			0.53	0.56	73.3	9.1	3.73			4.28
"		3.24	5.26		2840	0	9.5	417	5.00				0.59	89.8					
		3.05	5.82		2756	412.5	14.0	421	4.76				0.59	70.3					
		3.47	4.66		2773	469.3	15.3	377	4.84			0.97	0.56	83.1	17.5	3.59			4.22
		3.60	4.66		2773	596.6	19.0	386	5.15			0.58	0.56	89.7	9.2	1.78			8.27
"		3.63	4.55		4528	0	13.3	364	4.90			1.10	0.61	106.6	19.5	3.98			4.14
		3.39	4.55		4382	380.2	16.9	374	4.69			0.72	0.61	81.8	11.9	2.16			6.52
		3.46	4.53		4428	531.2	20.9	358	4.58			1.00	0.61	70.9	16.9	3.68			4.47
		3.75	4.71		4428	620.7	23.8	389	5.41			1.12	0.57	86.3	19.1	3.52			4.36
		3.46	4.92		4424	402.1	17.7	392	5.02			0.85	0.57	89.3	13.5	2.68			5.76
		3.56	3.25		767	591.5	13.7	291	3.84			0.67	0.57	88.2	10.8	2.81			5.46
46 ・ 2 ・ 11		3.50	2.40		2755	0	8.9	330	4.28			3.35	0.63	60.9	58.6	13.7			1.23
		3.38	2.59		984	335.0	7.7	320	3.97	217	436	4.5	0.62	92.4	73.5	18.5	16.9	89	0.93
		3.42	4.60		1465	245.5	8.5	581	7.36	116	1.75	5.07	0.61	84.8	84.9	11.4	11.4	92	1.38
		3.15	4.60		4384	224.5	15.2	571	6.66	182	253	5.77	0.60	93.8	87.7	13.2	34.7	9.5	1.19
		3.46	2.55		835	567.3	12.8	230	2.00	249	823	2.07	0.59	100.0	33.7	16.8	41	3.3	1.45
		3.68	4.53		818	233.0	5.3	208	6.50	121	1.74	5.6	0.62		99.8	15.4	57.4	12.1	0.49

表 - 3 振動式圧雪切削試験計測結果

- 2

項 目	除 雪 速 度	走行 機 関 トルク	走行 機 関 出力	押 付 力	振 動 速 度	線 圧	推 力	作用 馬 力	振 動 トルク	振 動 出力	切 削 深 さ	雪 密 度	硬 度	時間 当 除 雪 量	除 雪 能 率			除 雪 比 抵抗
															除 雪 量 / 作用 馬力	除 雪 量 / 振動 出力	除 雪 量 / + 振動 出力	
月日	Km/h	Kg·m	PS	Kg	cpm	Kg/cm	Kg	PS	Kg·m	PS	cm	g/cm ³	Kg/cm ²	t/h	t/psh	t/psh	t/psh	Kg/cm ²
46 ・ 2 ・ 11	6.38	4131		4342	2714	15.3	475	1122	217	3.59	4.65	0.61	64.3	145.6	13.0	33.2	8.0	1.25
	3.50	279		2682	2762	11.3	448	581	1.93	3.24	3.82	0.57	87.7	61.3	12.8	18.9	6.7	1.21
	5.50	4453		4231	373.5	16.9	487	992	2.62	5.83	4.15	0.65	83.5	119.0	12.0	20.4	7.5	1.48
	2.67	35.68		4132	546.6	20.2	247	244	2.86	9.12	4.77	0.57	93.0	57.8	23.7	6.3	5.0	0.64
46 ・ 2 ・ 12	3.85	132		793	81.2	4.2	261	3.72	0.63	0.37	0.31	0.62	85.2	5.9	1.6	15.9	1.4	10.61
	3.61	3.77		1405	79.5	6.9	607	812	0.47	0.27	4.5	0.57	85.0	72.8	9.0	269		1.75
	3.35	3.33		2658	86.1	9.8	557	6.91			2.43	0.62	82.0	21.9	5.8			5.72
	3.39	4.35		4313	87.9	13.7	550	6.91			4.20	0.69	43.5	78.6	11.4			1.65
	3.28	3.14		738	119.1	4.5	321	3.90			1.78	0.61	49.8	28.5	7.3			2.27
	2.84	5.35		1429	113.4	7.1	590	6.21			2.57	0.61	49.8	35.8	5.8			3.52
46 ・ 2 ・ 13	3.34	2.94	9.99	419	129.6	4.1	394	4.87			3.05	0.68	36.5	57.2	11.8			1.65
	3.28	3.68	12.11	419	334.7	7.2	541	6.58			1.75	0.68	41.8	31.0	4.9			4.08
	3.58	12.27	30.49	419	138.5	3.6	251	3.33			1.23	0.68	68.2	16.8	7.1			2.62
	2.79	4.60	15.41	419			605	6.25			0.58	0.68	85.2	8.8				
	3.40	2.96	10.08	419	385.3	7.8	424	5.35			9.3	0.58	35.7	131.6	24.6			0.59

表 - 4 衝撃式圧雪切削試験計測結果

項 目	除 雪 速 度	走行機 関トルク	走行機 関出力	押 付 力	回転 速度 軸度	打撃 ピッチ	推 力	作用 馬力	軸 トルク	軸 出力	切 削 深さ	雷 密度	硬 度	時間 当除雪量	除 雪 能 率	除 雪 比 抵抗	切刃 水平 速度
単位 月日	Km/h	Kg·m	PS	Kg	r p m	cm/回	Kg	PS	Kg·m	PS	cm	g/cm ³	Kg/cm ²	t/h	t/PSH	Kg/cm ²	cm/s
1.23	3.87	32.97	11.26	0	186.6	35	353.2	4.9	—	—	1.90	0.624	—	8.94	1.81	9.31	209.2
1.26	3.71	1.15	3.95	0	155.4	40	101.3	1.4	5.96	12.92	0.48	0.52	70.8	1.86	1.34	10.79	187.7
	2.49	3.31	6.94	417.6	64.7	64	192.6	1.8	7.70	3.86	1.80	0.52	82.3	4.66	2.62	5.82	103.8
	3.72	1.66	5.67	0	142.2	44	208.6	2.9	7.70	7.19	1.27	0.52	73.7	4.90	1.71	9.49	180.4
	3.60	1.63	5.70	0	101.0	59	107.7	1.4	7.44	5.23	0.92	0.52	78.3	3.10	2.39	8.49	154.2
	3.76	1.86	6.48	0	109.3	57	92.2	1.3	6.70	5.02	0.97	0.52	72.0	3.79	2.94	5.65	163.1
	3.69	2.00	7.02	0	65.2	94	132.6	1.8	7.73	3.89	0.63	0.52	80.7	24.30	1.34	12.54	137.0
	5.72	1.93	1.20	0	146.7	65	169.5	2.5	7.17	6.87	1.32	0.52	74.8	7.84	3.09	6.81	237.2
	6.52	6.60	2.20	0	133.8	81	127.2	3.1	6.61	5.86	0.47	0.52	84.5	3.17	1.03	15.86	252.1
	6.86	13.8	8.93	0	136.9	84	168.5	4.3	7.44	6.73	0.87	0.52	90.7	6.19	1.44	11.29	263.1
	7.11	13.8	9.15	0	78.4	151	148.0	3.9	6.95	4.01	0.40	0.52	72.2	2.96	0.76	19.33	238.4
	7.23	25.58	18.39	0	136.0	88	112.9	3.0	6.29	5.69	1.47	0.52	105.8	11.02	3.65	4.00	72.8
	7.39	6.26	4.40	0	67.6	182	106.8	2.9	7.27	3.76	0.85	0.52	103.0	6.54	2.24	6.80	240.5
1.27	10.73	29.61	31.92	111.3	130.9	137	221.0	8.8	7.79	6.87	1.22	0.52	100.8	13.58	1.55	9.31	366.5
	11.73	27.97	31.57	0	117.2	167	606.9	26.4	7.41	5.88	0.93	0.52	113.3	11.39	0.43	35.25	386.9
	13.62	18.58	22.48	0	132.9	171	148.0	7.5	8.21	7.23	0.58	0.68	118.7	10.93	1.47	13.50	447.5
	13.98	19.50	22.89	0	97.7	239	129.4	6.7	7.14	4.89	0.15	0.68	135.2	2.85	0.42	51.76	438.9
	8.01	17.44	12.44	582.3	74.7	179	201.4	8.0	9.92	5.51	0.55	0.68	101.8	5.99	0.75	21.26	261.4
1.28	10.94	15.69	14.81	0	51.4	355	81.5	3.3	2.71	1.16	0.27	0.68	121.3	3.97	1.21	10.16	330.4
	7.78	18.83	13.17	463.7	66.0	196	289.0	8.3	9.50	4.82	0.35	0.615	121.3	3.97	0.48	51.92	250.4
	3.37	—	—	616.4	230.0	24	416.4	5.2	15.10	21.34	3.83	0.59	76.5	15.93	3.06	5.49	220.4
	3.37	—	—	616.2	169.5	33	356.0	4.4	11.29	12.16	2.07	0.59	72.8	8.21	1.85	19.42	186.5
	1.96	27.6	—	640.1	397.6	8	460.0	3.3	15.18	35.60	4.30	0.59	75.7	4.96	2.98	5.51	279.5
2.10	5.21	40.3	—	596.5	342.0	25	447.4	8.6	12.41	25.27	2.65	—	90.3	20.51	2.37	8.93	333.3
	6.35	36.8	—	576.4	262.0	40	395.4	9.3	3.57	5.80	2.45	0.528	77.0	16.31	1.75	8.40	223.0
	4.14	36.8	—	834.9	361.2	19	486.2	7.5	17.35	37.13	3.42	0.68	91.5	19.25	2.58	5.82	224.6
2.10	3.49	2.6	—	714.6	259.5	22	531.7	6.9	10.03	15.88	4.80	—	60.1	18.62	2.71	5.61	240.3

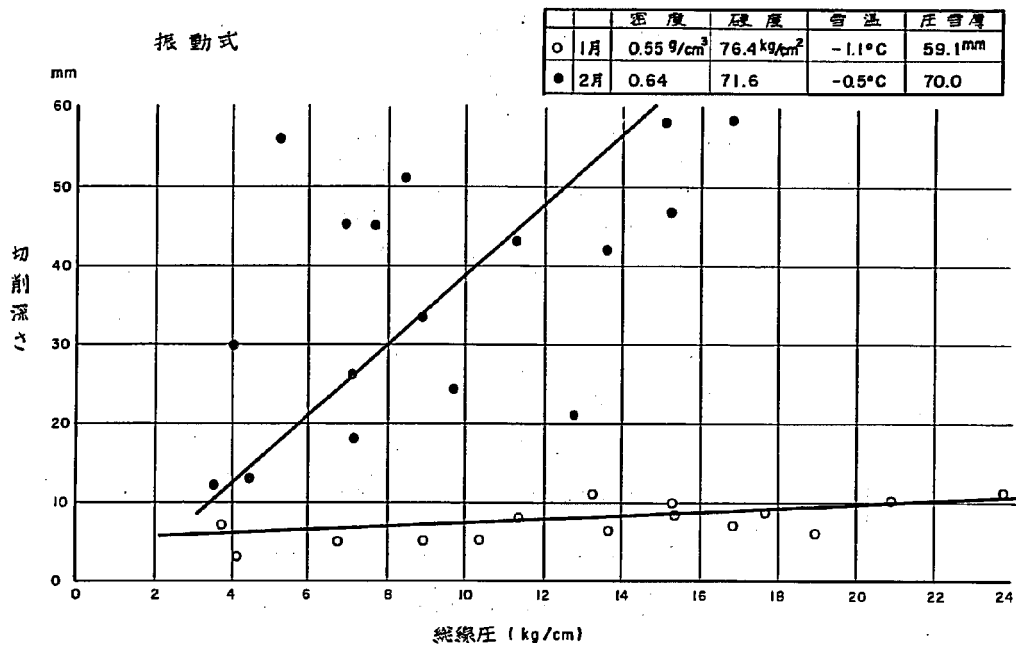


図 - 10 縦線圧が切削深さに及ぼす影響

表 - 5 雪質試験結果

	密度	硬度	雪温	圧雪厚
1 月	0.55 g/cm ³	76.4 kg/cm ²	-1.1℃	59.1 mm
2 月	0.64 g/cm ³	71.6 kg/cm ²	-0.5℃	70.0 mm

雪質については、1月の圧雪は2月に比べて、雪温で約0.6℃低く、硬度で4.8 kg/cm²堅く、又平均圧雪厚も、10.9 mm薄く、やや、切削しにくい状態を呈していると思われるが、殆んど雪質については差異が認められない。これに関しては雪質の表示に問題があるろうが、この振動式圧雪切削装置は、圧雪による選択性が大きいものと考えられる。

(2) 圧雪切削に及ぼす起振力の影響

振動式圧雪切削装置の起振力によってどれだけ圧雪切削に効果を及ぼすか、その影響を見るために、図-11に油圧シリンダから圧雪切削機へ与える押付力と圧雪切削深の関係をグラフに示す。この関係も前章で述べた縦線圧と圧雪切削深との関係とはほぼ同じ傾向にあり、()内に示した毎分振動数(又は起振力)の差異も殆んど圧雪切削深には影響せず、主に縦圧のみで

振動式圧雪切削

S : 振動力に比例する圧 (kg/cm²)
 $\circ$: 1日のデータ
 $\bullet$: 2日のデータ

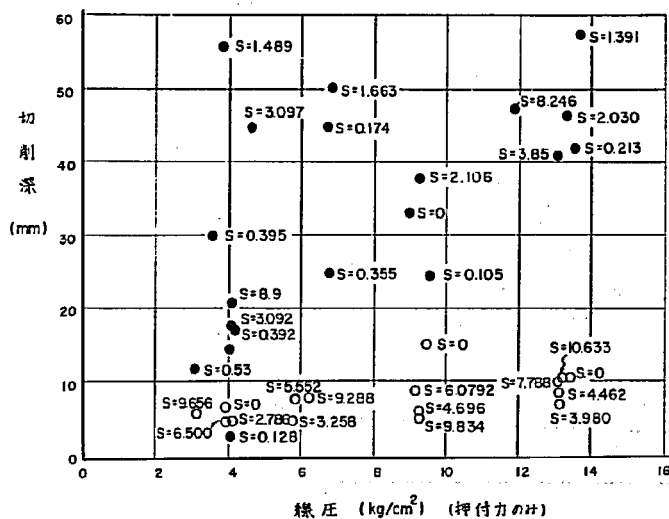


図 - 1 1 押付力が切削深に及ぼす影響

切削しており、起振力の差による
切削深の差が明確にでていない。

更に又、これを裏づけるものとして、毎分振動数 (cpm) と振動出力 (PS) 空転振動の場合と作業中の振動の場合の関係を図 - 1 2 のグラフに示す。

一般に同一振動速度における空転時 (無負荷時) の振動出力と作業時 (負荷時) の振動出力は非常に大きな差が出てくるものであるが、この図からも判断できるように空転時、作業時、殆んど振動出力に差が生じていない。すなわちこの差が生じない現象は、動力が圧雪切削に有効に使われていない

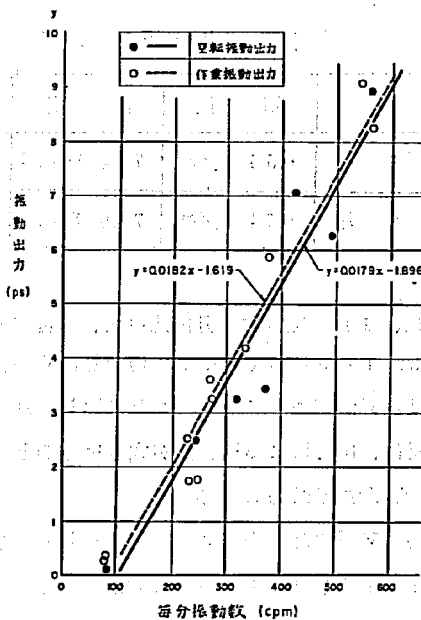


図 - 1 2 空転及び作業時振動出力の比較

ためであると考えられる。この理由は振動式圧雪切削機の機構上に問題点があるからで、すなわち、起振部がアンバランスマスによる二軸偏心振動機構であるので、切刃の先端が圧雪に深く喰い込み、刃先の振動が止ってしまってもアンバランスマスの二軸には負荷がかからず空転と同じ状態になってしまうためである。

(3) 除雪能率と線圧

一般に圧雪切削する際の機械の能率を定義するものとして、単位時間馬力当り除雪量（除雪能率）をとってみる。前述したように除雪能率として次の三つが考えられる。

$$\textcircled{1} \text{ 除雪能率} = \frac{\text{除雪量}}{\text{作用馬力} \times \text{時間}} = \text{除雪能率 (作)}$$

$$\textcircled{2} \text{ 除雪能率} = \frac{\text{除雪量}}{\text{振動馬力} \times \text{時間}} = \text{除雪能率 (振)}$$

$$\textcircled{3} \text{ 除雪能率} = \frac{\text{除雪量}}{(\text{振動馬力} + \text{作用馬力}) \times \text{時間}} = \text{除雪能率 (全)}$$

ここで、第1の場合は除雪能率を考える際に主として走行性能のみに着目したものであり、第2の場合は振動性能を対象としたもの、第3はこの圧雪切削機全体の性能を対象としたものである。ここで線圧が除雪能率に及ぼす効果をみるために、線圧と除雪能率（作）及び除雪能率（全）のグラフを図-13、図-14に示す。図-13でデータはかなりのバラツキがあるが、一応線圧が増せば除雪能率は大きくなることがわかる。一方、図-14に於けるこの装置全体機関を対象にした除雪能率は

線圧の大きさによる効果が殆んどなく、ほぼ5~10 t / pshの値を示している。このことから一般に、線圧が大きければ、走行性能があがるが、振動馬力も含めた装置全体の性能に関しては、線圧には無関係である。

(4) 毎分振動数と

除雪能率
毎分振動数の大きさ
により除雪能率がいか

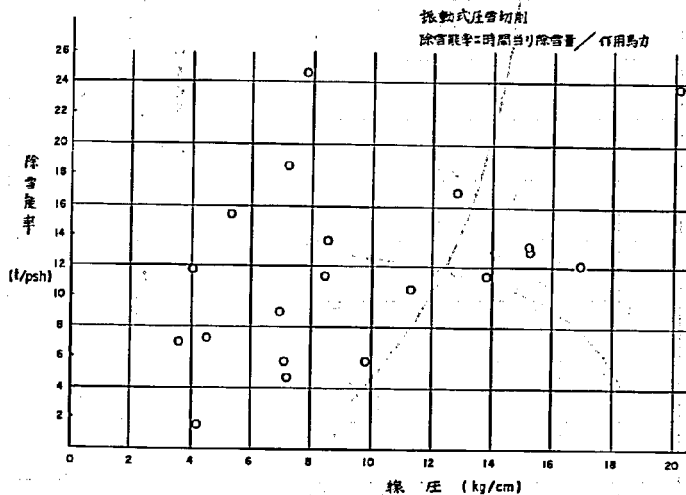


図-13 線圧の除雪能率（走行性）に及ぼす影響

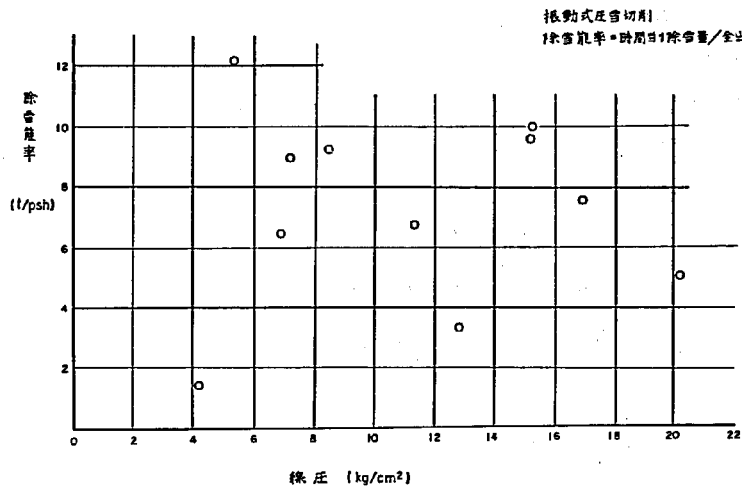


図 - 14 線圧と除雪能率（全能率）の関係

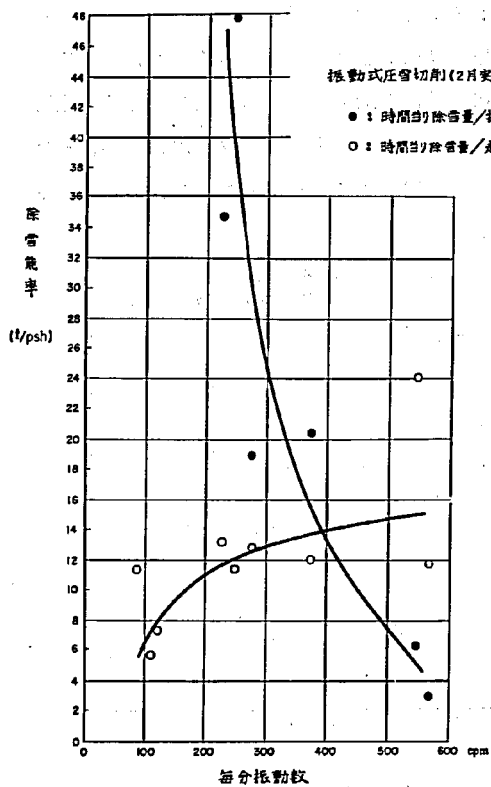


図 - 15 毎分振動数と除雪能率

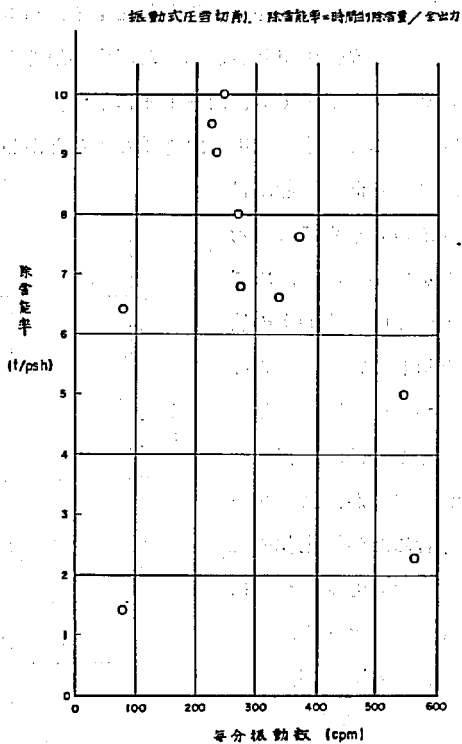


図-16 毎分振動数と除雪能率（全出力）

に変わるか、前述した3種類の除雪能率について、それぞれの関係を図示すると、図-15、図-16のようなグラフになる。図-15に於ては、作用馬力から計算した除雪能率(図中●印)及び振動馬力から計算した除雪能率(図中○印)が同じグラフ上にのせてあり、これらを比較すると次のようなことが言える。但しこのデータは2月中に行なった実験のみを記す。

- ① 作用馬力による除雪能率は毎分振動数の増加に対してわずかながら上昇している。
- ② 振動馬力による除雪能率は①とは対象的に毎分振動数の上昇に対して急激に減少している。
- ③ 毎分振動数450rpm以下では振動に使用されるエネルギーより走行に使用されるエネルギーが大きい。450rpm以上になると振動に使われるエネルギーが大きくなる。又更に、全機関出力から計算した除雪能率は、図-15に示すように、毎分振動数の増加に従い減少している。

以上のことより、この振動式圧雪切削機は、振動をかけることによって作用馬力に対する除雪能率を上昇させるという長所を持っているが、振動馬力も含めた全体の馬力に対する除雪能率には全く効果がなく、かえって低下の傾向にある。

(5) 切削比抵抗と毎分振動数

毎分振動数が切削比抵抗にいかに関与するか、又切削比抵抗を3($\frac{kg}{cm^2}$)以下におさえるための限界毎分振動数を求めるために切削比抵抗と毎分振動数の関係を図-17に示す。ここでは、2月中のデータのみをのせた。その結果、一般に切削比抵抗R($\frac{kg}{cm^2}$)は毎分振動数f(cpm)の増加に伴い減少している傾向にあり、その相関式は、 $R=1.346f^{0.032}$ ($\nu=20$)。ここで、切削比抵抗3($\frac{kg}{cm^2}$)のときの毎分振動数は150(cpm)であり、 $f \geq 150$ cpmの範囲で振動を与えると切削比抵抗が減少し、より切削性が良くなることがわかる。

5-2-2 衝撃式圧雪切削装置

(1) 切削深さと軸回転速度

衝撃式圧雪切削機の切刃が圧雪に喰い込む回数はクランク軸の回転速度に比例しており、この軸回転速度の切削深さの関係を示したのが、図-18である。本実験に於ては、軸回転速度は最低50rpmとして押付力を加えた場合と、押付力=0にした場合は、本機の機

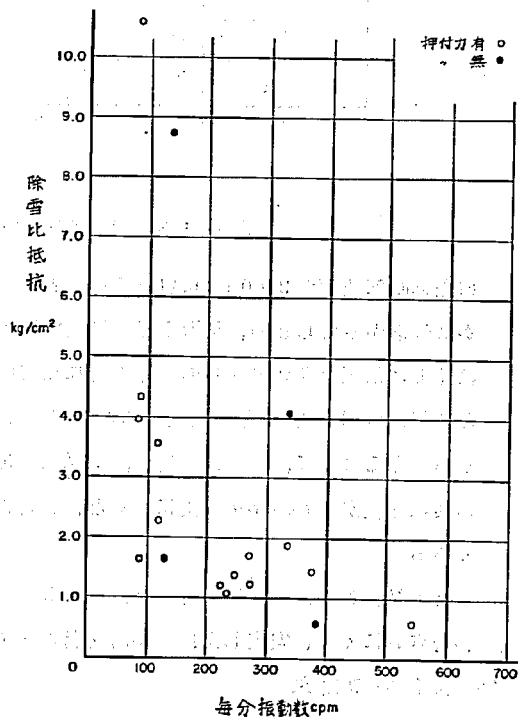


図-17 毎分振動数の除雪比抵抗に及ぼす影響

衝撃式圧雪切削

注 $\begin{cases} d = 0.1117N - 2.165 \\ \gamma = 0.9343 \quad n = 27 \\ \text{押付力 無 } \bigcirc \\ \text{有 } \square \end{cases}$

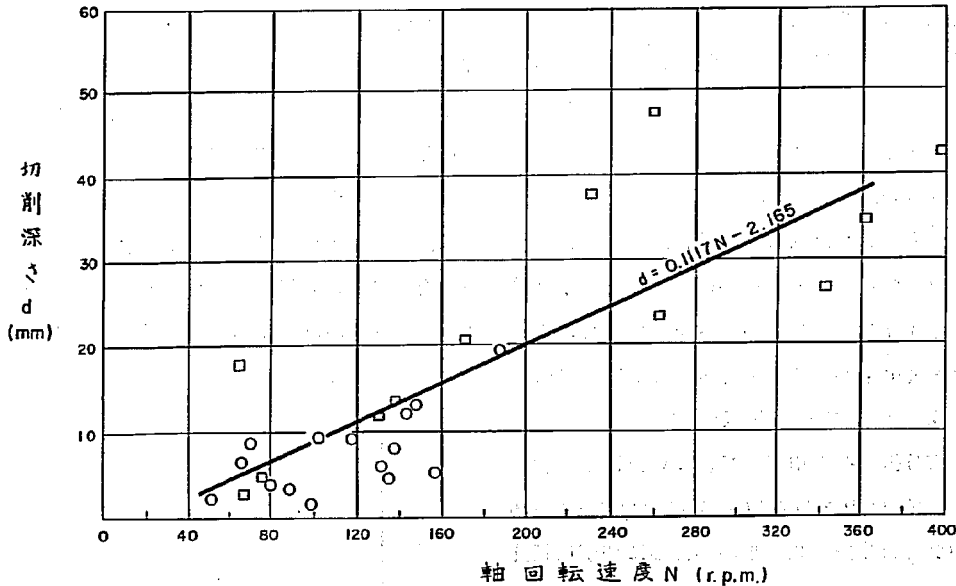


図 - 18 軸回転速度と切削深さの関係

構上軸回転速度が200rpm以上になると、本体との連結軸を中心にして、アタッチメント全体がはねあがってしまい、切刃が圧雪に喰い込まなくなる。従って、軸回転速度170rpm以上の範囲では油圧シリンダからの押付力を加えて圧雪切削を行なった。ここで軸回転速度 N (rpm) と切削深さ d (mm) の相関を調べると、 $d = 0.1117N - 2.165$ で相関係数 $r = 0.93$ である。この式からも分るように、衝撃式の場合、軸回転速度を増せば切削深さは直線的に増加している。更に軸回転速度が170rpm以上になると、押付力の効果が現われ20mm以上の厚層圧雪も切削可能である。

なお又、このデータは1月・2月両期間行なったものであり、この圧雪切削機は比較的雪質に影響されにくく、安定した圧雪切削を行なっている。

(2) 押付力の効果

衝撃式圧雪切削機の押付力と切削深さの関係を図-19に示す。ここで()内は軸回転速度をのせてある。この図からも明らかなように、衝撃式の場合でも押付力の効果がかかり出ており、又同じ押付力でも軸回転速度の大きさに影響される。この影響を見るために前項でのべた軸回転速度 N rpmと切削深さ d mmの関係(押付力0の場合と600Kgの場合)を図-20のグラフに示す。押付力0Kgの場合は、 $d = 0.079N - 0.71$ ($N > 50$ rpm)

衝撃式圧雪切削

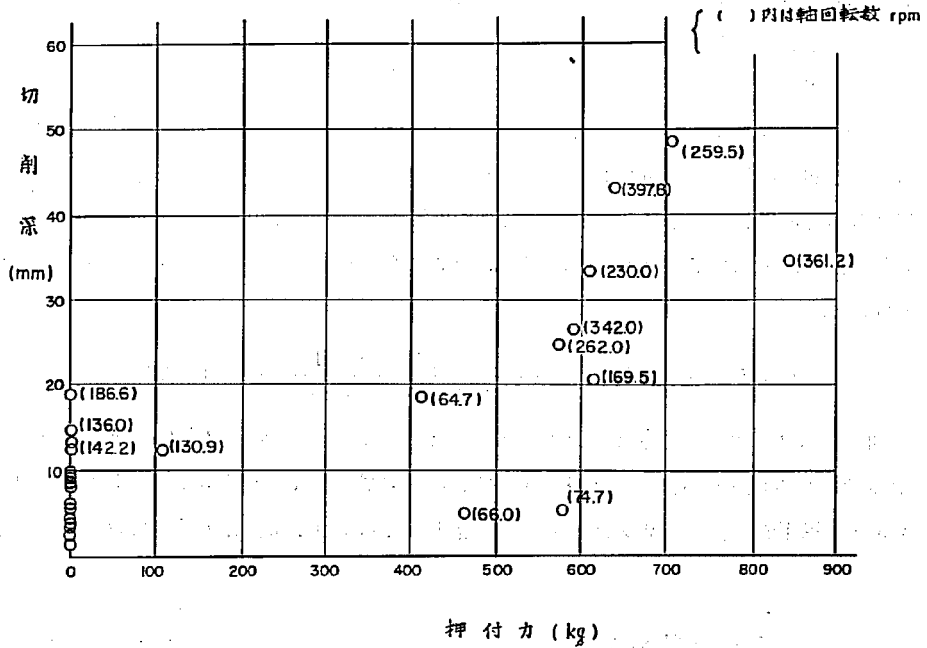


図 - 19 押付力が切削深に及ぼす影響

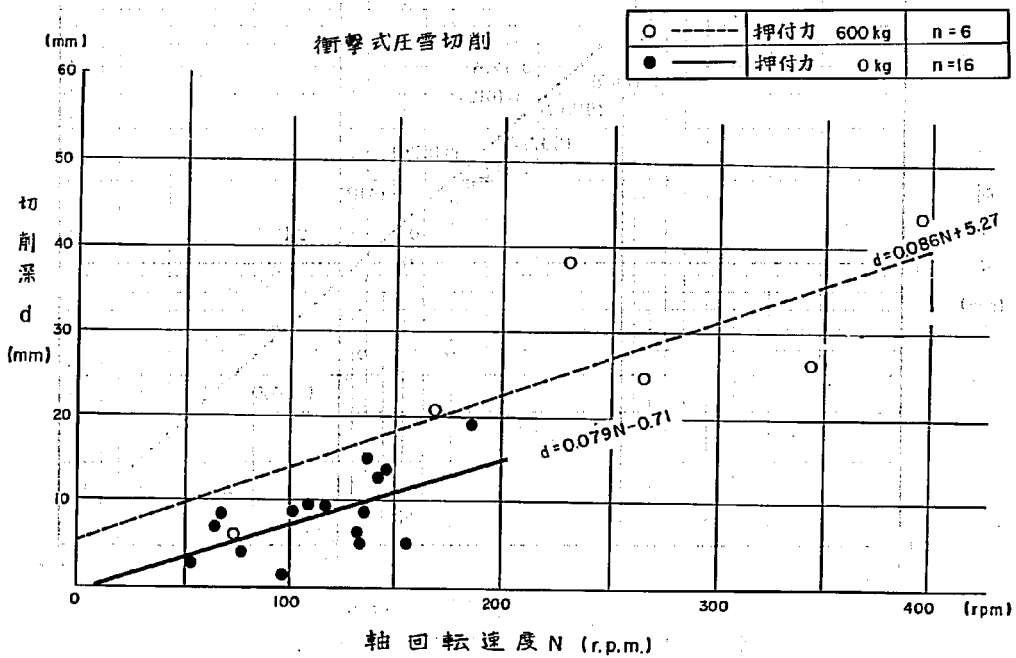


図 - 20 押付力の効果 (衝撃式)

押付力 600 kg の場合は、 $d = 0.086 N + 5.27$

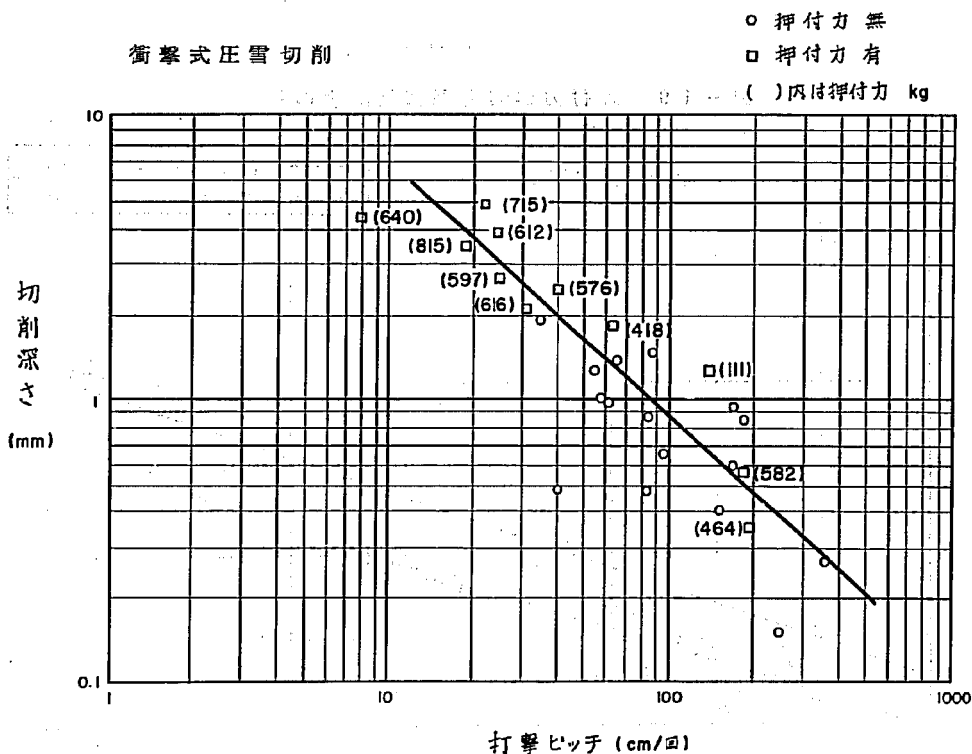
このグラフから一般に軸回転速度が増すと切削深が増大し、又同時に押付力の影響も大きくきいてくることが分かる。

(3) 切削深さと打撃ピッチの関係

前項(1)で解ったように衝撃式圧雪切削装置の場合、圧雪切削深は、クランク回転速度に影響されることが分った。更に切刃が圧雪面にどれだけ打撃を与えるか、軸回転速度の他に切刃の相対速度車速を考慮した打撃ピッチと、切削深さの関係を図-21のグラフに示す。ここで打撃ピッチとは、次式で表わされたもので、切刃が一回打撃する間にアタッチメントが移動した距離と定義される。

$$\text{打撃ピッチ (cm/回)} = \frac{\text{除雪速度 (Km/H)}}{\text{クランク軸回転速度 (rpm)}} \times 166.7$$

切削深さ d (mm) と打撃ピッチ (cm/回) との相関は $d = 281 \times P^{-0.773}$ ($P \neq 0$) $r = 27$ で相関係数は 0.851 であり、打撃ピッチが小さいほど圧雪切削がよくできることがわかる。又打撃ピッチが 35 cm 以下の場合、アタッチメントが浮き上がってしまうので、この範囲では押付力をかけない



ればならない。又打撃ピッチ 40 cm 以上（切削深 18 mm 以上）の場合は衝撃力の効果、押付力の効果もほとんどなく、圧雪切削にあまり効果的でない。従って打撃ピッチは高高 40 cm 位、それ以下にする必要がある。

(4) 切刃速度と切削深さ

衝撃式圧雪切削機において、切刃のX方向速度成分 V_x に対して相対的に車速 v が大きくなると、切刃のX方向速度 $V_x + v = U$ が増加し、増々衝撃的挙動を呈する。ここで切刃水平速度 $U\text{ cm/s}$ が圧雪切削深 $d\text{ mm}$ にかかる影響を与えるか、その傾向を見るために図-22にグラフを描く。このグラフで（ ）内はアタッチメントに加えた押付力 K_p を呈している。切削深と切刃速度との関係は、相関係数 $r = 0.69$ で回帰直線は $d = -0.021U + 20.31$ である。これから明らかなように、切刃の水平方向速度成分は、圧雪切削に対してあまり影響を与えていない。

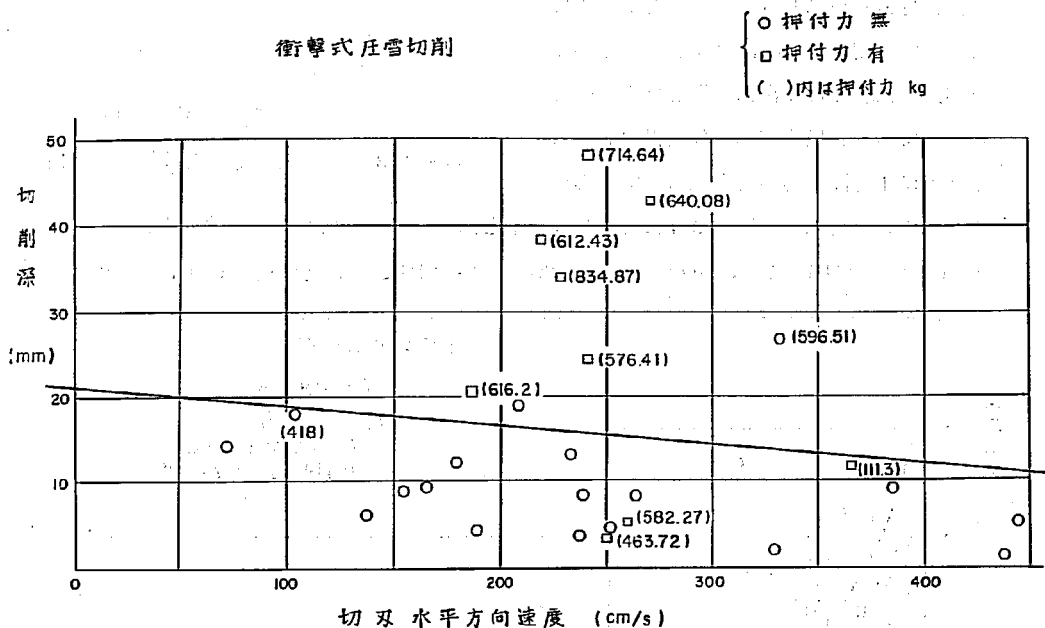


図-22 切刃水平方向速度と切削深との関係

(5) 軸回転速度と除雪能率

図-18で切削深さは軸回転速度が大きいほど良く削れることがわかったが、除雪能率に対する効果をみるために図-23にそのグラフを示す。

軸回転速度 120 rpm 以下では除雪能率はかなりのバラツキが見出されるが、 120 rpm 以上になると、ほぼ一定の値 $2 \sim 3\text{ t/psh}$ に落ちついている。これは本試験機の機構上に問題があると思われる。すなわち、軸回転速度が大きくなると、切刃の衝撃力が増大し、油圧シリンダか

らアタッチメントに及ぼす押付力が相対的に少なくなる。このためアタッチメント、並びに試験機本体がこの衝撃力の反力をまともに受け、激しく上下動を行ない、余分の衝撃力は試験機本体に消散してしまいうに考えられる。従って、衝撃式圧雪切削機の軸回転速度は120rpm前後で行なうと能率が良いことがわかる。

(6) 打撃ピッチと除雪能率

(1)、(2)、に於いて切削深さを論じてきたが、押付力を増加し打撃ピッチを小さくさせ軸回転速度を増せば、良く切削できることが分った。ここで次に問題となるのはその効率である。圧雪切削の作業効力を現わすために1時間1馬力当り除雪量である除雪能率をとってみる。図-24に打撃ピッチ p と除雪能率 e の関係を図示すると、除雪能率 $e(t/phs)$ は打撃ピッチ $p(cm/回)$ の減少関数になっており、その関係式は $e = 71.7 p^{-0.88}$

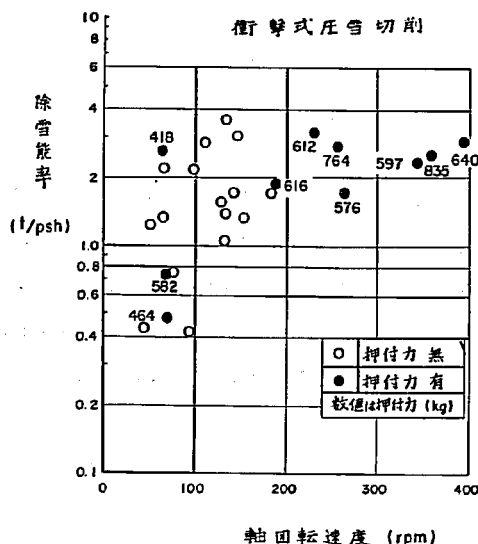


図-23 軸回転速度と除雪能率の関係

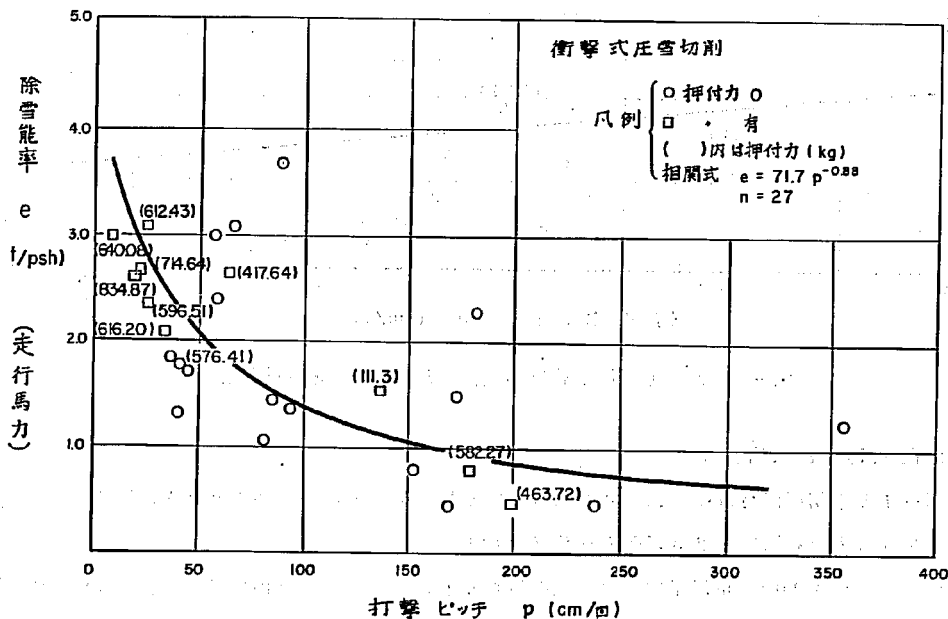


図-24 打撃ピッチと除雪能率の関係

打撃ピッチ 40 cm で除雪能率約 2 t/psh 、 2 m で約 1 t/psh である。衝撃式の除雪能率は、振動式と比べて小さい値になっているが、これは切刃がクランク軸一回転 360° の内 180° の半分しか作用していない為で、写真-3でもわかるようにとびとびの切口を呈していて、除雪体積が小さいからである。しかし一回の切込深さは図-20からも判断できるように、打撃ピッチ、 40 cm 以下では衝撃の効果はかなりでており切削深さ 2 cm 以上になっている。このような切口の場合、残った圧雪部分の車輛等のタイヤチェーンにより破壊し、圧雪がくずれ易くなるため、このようなとびとびの切削もかなり圧雪処理に対して効果がでてくる。

(7) 軸回転速度と切削比抵抗

軸回転速度と除雪比抵抗の関係を図-25に示す。除雪比抵抗は軸回転速度の増加に対して減少している。除雪比抵抗とは、単位除雪断面積あたりの推力（切削抵抗+加速抵抗）であり一般にこれが小さい程切削に対して有利である。

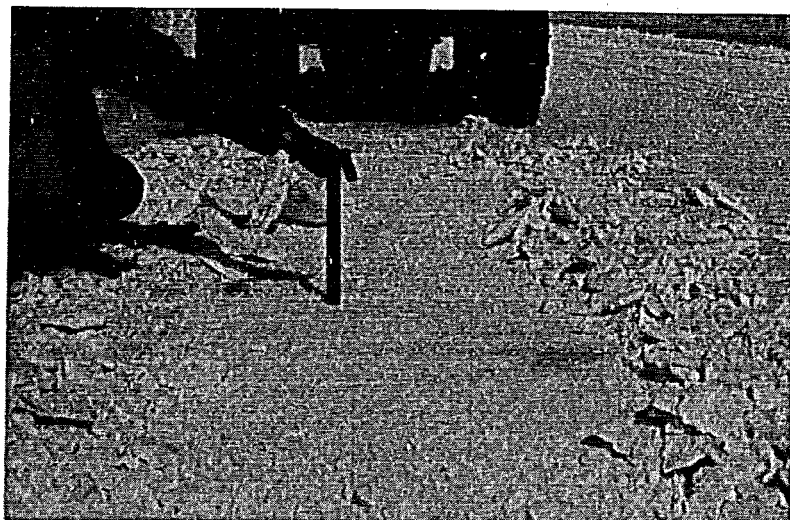


写真-3 圧雪切削跡

従って切削深さと同様、軸回転速度を上げた方がよいことが分る。

5-3 各種圧雪試験の性能比較

昭和44年度に製作、実験を行なったブラウ式圧雪処理装置（ストレート刃、四角刃、三角刃）ロータリータイプ式圧雪処理装置並びに昭和45年度に製作、実験を行なった振動式圧雪処理装置衝撃式圧雪処理装置の各々についてその性能を比較したものを表-6に示す。なお、この表内の、

a、b、c、d欄の各データは、次に示すもののデータである。

- A：切込み深さの中央値をとった場合の各データ
- B：切込み深さの最大値をとった場合の各データ
- C：除雪能率の中央値をとった場合の各データ
- D：除雪能率の最大値をとった場合の各データ

表 - 6 各種圧雪処理機性能比較表

圧雪処理装置型式		mm 切込深さ	t/psh 除雪能率	Kg/cm ² 除雪比抵抗	Kg/cm 源 圧	振動速度 rpm 軸回転速度	Km/h 走行速度	備 考
ブラウ式 ストレート刃	A*	(1) 13.0	2.93	4.60	13.0	—	7.95	切削角 45°
	B*	56.0	6.32	1.90	12.0	—	7.54	切削角 60°
	C*	29.0	3.79	3.06	21.9	—	7.83	切削角 45°
	D*	30.0	7.81	2.12	14.8	—	2.65	切削角 50°
ブラウ式 四角刃	A	36.0	7.00	1.87	18.0	—	5.04	切削角 50°
	B	70.0	9.78	1.29	11.0	—	4.90	切削角 50°
	C	36.0	6.20	2.38	29.9	—	8.07	切削角 60°
	D	23.0	16.10	0.92	3.0	—	2.64	切削角 50°
ブラウ式 三角刃	A	28.0	6.21	1.99	18.8	—	5.90	切削角 50°
	B	65.0	8.85	1.49	7.5	—	7.91	切削角 60°
	C	16.0	6.40	2.35	33.6	—	6.75	切削角 30°
	D	12.0	13.24	1.05	3.4	—	8.19	切削角 50°
振 動 式	A	17.8	—	2.27	4.5	119.1	3.28	切削角 30°
	B	57.7	9.5	1.19	15.2	224.5	3.15	除雪能率は全出力を対象
	C	46.5	8.0	1.25	15.3	271.4	6.38	"
	D	56.0	12.1	0.49	5.3	233.0	3.68	"
ロータリータイプ式	A	38.0	7.15	0.753	—	269.0	5.53	打撃ピッチ (cm) 5.71
	B	65.0	5.25	0.446	—	295.0	2.36	" 2.22
	C	30.0	3.63	1.60	—	468.0	5.58	" 3.31
	D	50.0	11.85	0.536	—	265.0	6.78	" 7.11
衝 撃 式	A	9.7	2.94 (5.88)	5.65	—	109.3	3.76	" 5.70
	B	48.0	2.71 (5.42)	5.61	—	259.5	3.49	" 2.20
	C	24.5	1.75 (3.50)	8.40	—	262.0	6.35	" 4.00
	D	14.7	3.65 (7.30)	4.00	—	136.0	7.23	" 8.80

注1 A : 切込深さの中央値をとった場合の各データ
 B : 切込深さの最大値をとった場合の各データ
 C : 除雪能率の中央値をとった場合の各データ
 D : 除雪能率の最大値をとった場合の各データ

注2 () 内は4枚の切刃が連続して作用したものとして計算した場合

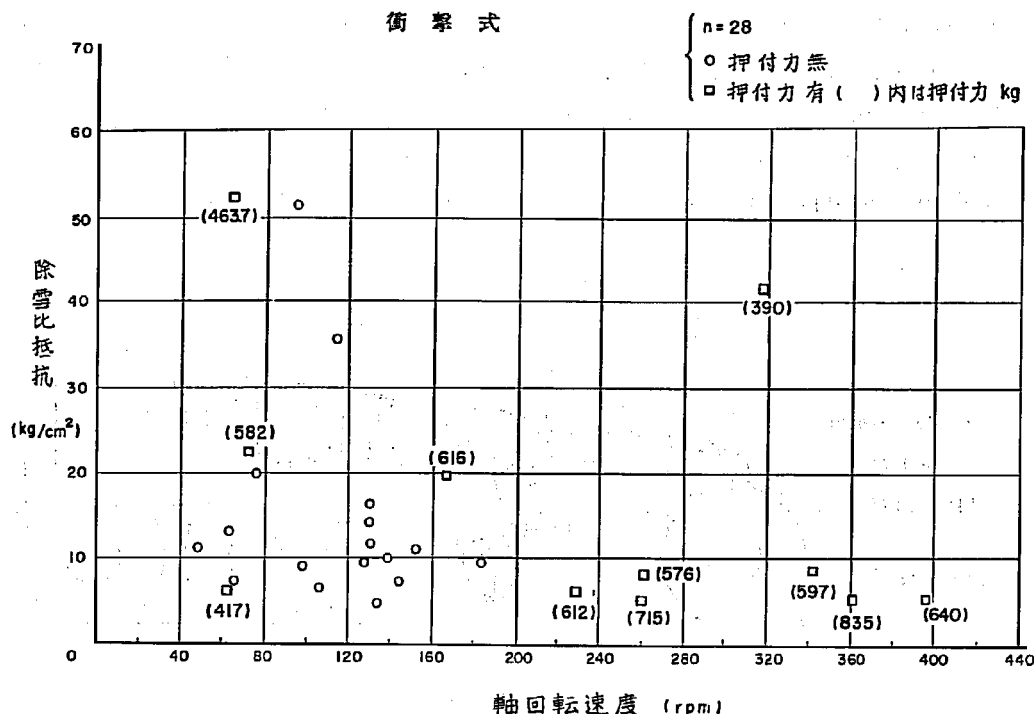


図 - 2 5 軸回転速度と除雪比抵抗の関係

この表から切込深さを最大にする圧雪装置型式は、ブラウ式で四角刃を使用した型式で、次に同じくブラウ式で三角刃、又はロータリータイン式である。

一方、各機種平均的な切込深からいうと、ロータリータイン式、ブラウ式四角刃と続く。次に除雪能率最大のもは、ブラウ式四角刃、ブラウ式三角刃の順である。

又、平均除雪能率からいうと、やはりブラウ式の三角刃、ブラウ式四角刃の順になっている。

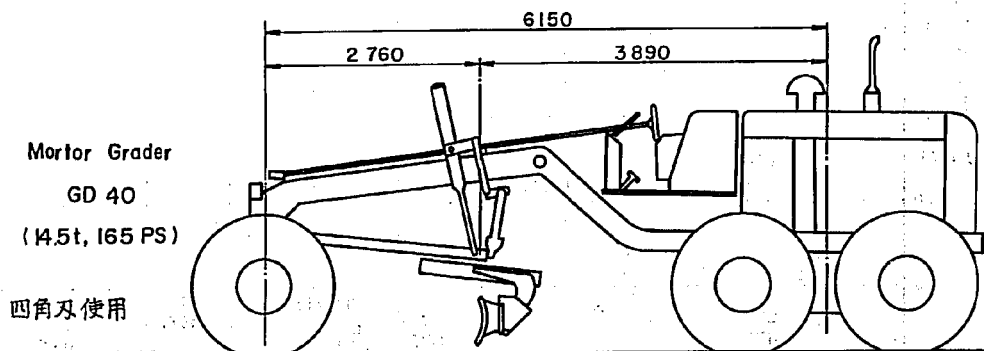
以上から、圧雪切削に関しては、汎用機としてブラウ式の四角刃を装着した装置が最適である。又特に、除雪能率及び機械の稼働率等をそれ程問題にしない場合には、ロータリータイン式、及び衝撃式圧雪処理機が有効であると思われる。この二機種についてはかなり硬度の高い圧雪でも切削可能である。

又ブラウ式の場合は、1ユニットとしてとりはずし可能であるため汎用機としてグレーダー、及びトラックに装着できる。一方、ロータリータイン式及び衝撃式圧雪処理装置については、専用機が必要となる。

5-4 実用機への応用

各種圧雪試験機の性能を比較した結果、一応ブラウ式圧雪処理機（四角刃）のものが最適である

ことが分った。ここでのブラウを実際にグレーダに取り付けた場合を想定して、グレーダーのもつ作業能力でいくらの深さの、又走行速度何km/hの圧雪切削が可能か、特にけん引力、所用馬力について考察する。一方、この実用機を移動した場合の圧雪除去量の試算も行なう。実験結果をもとにしてモーターグレーダGD40、HT-2に刃先形状を四角刃を装置したものとして考える。ここでGD-40、HT-2の寸法を図-26に示す。又仕様は次のとおりである。



線圧 kg/cm	切込深 cm	↓ kg	3 kg/cm ² kg	↓ kg	μ=0.3 kg	↓ kg
0	0	4200	0	0	3090	10300
10	4	2012	4128	3970	2555	8518*
5	2.5	3115	2600	1985	2825	9417

* 5242 kg不足

図-26 モーターグレーダ主要寸法及び前、後輪荷重、切削抵抗、

車輛総重量	14500 Kg
前輪荷重	4200 Kg
後輪荷重	10300 Kg
けん引力(リムプル)	8240 Kg
ブレード幅	3970 mm
全出力	165 PS

(1) けん引力

今、一回のグレーダー切削でとる圧雪切削深を2.5cm、4.0cmとした場合について計算を行なうと、図-27の線圧と切削深さの関係(四角刃)より、

圧雪切削深 2.5mm 線圧 5 Kg/cm

圧雪切削深 4.0mm.....線圧 10Kg/cm
 である。一方、切削抵抗を3割、車輪と圧
 雪との摩擦係数 μ を0.3(車速10Km/h)
 とすると、各線圧別、前後輪荷重及び切削抵
 抗力、けん引力は図-26のとおりである。
 ここで切削深2.5cmでは、けん引力が2825
 Kg、切削抵抗力が2600Kgで225Kg余裕が
 あるが、切削深さ4cmでは1573Kgけん引
 力が不足する。その為には更に、後輪荷重を
 2542Kg増加させなければならない。

※ 実際のけん引力(リムプル)は8240Kg

と余裕があるが、圧雪路面上では著しく摩

擦係数が小さくなる。

次に、走行速度はオペレーターの操作条件
 及び道路条件から高々10Km/hが適当である
 といわれており、この速度で作業をした場合
 の出力を計算してみる。なお、このグレーダーの機構上の全損失を7%と見なす。

切削深4cmで最大切削抵抗4128Kgであるから、所要馬力は次の様になる。

$$4128 \text{ (Kg)} \times \frac{10 \text{ (Km/h)} \times 1000 \text{ (m/Km)}}{3600 \text{ (S/h)} \times 75 \left(\frac{\text{Kg m/s}}{\text{PS}} \right)} = 152.9 \text{ PS}$$

一方、このグレーダーの最大動力は165PSだから、とり出せる最大動力は $165 \times 0.93 = 153 \text{ PS}$ ではば間に合う。なお、切削深2.5cmの場合は更に充分である。

(2) 圧雪切削量の算出

以上の結果よりモーターグレーダーGD40HT-2に四角刃を装着した場合の圧雪切削量
 を算定する。切削条件は下記のとおりである。

一回の圧雪切削深 2.5cm = 0.025m

ブレード幅 3970mm = 3.97m

走行速度 10Km/h = 10000m/h

圧雪密度 0.6g/cm³ = 0.6ton/m³

1時間当りの圧雪処理量Q ton/hは

$$Q = 0.025 \times 3.97 \times 10000 \times 0.6 = 595.2 \text{ ton/h}$$

(3) このグレーダー1台1日うけもつ道路延長L Kmと日当り運転時間もt hr/日の関係を図-

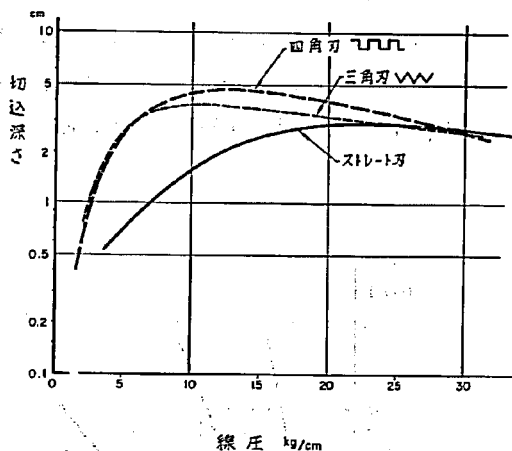


図-27 プラウ式各刃形別線圧
 一切込深さの関係

28に示す。但し、降雪量は平均30cm/日とし、この時の雪密度を0.1とすると、圧雪は平均5cm/日発生することになる。

今、日当り降雪深を30cm、1台のうけもつ道路延長10Kmとした場合、この機械の日当り稼働時間は4.2時間、一方、同じく日当り降雪深を30cm、日当り稼働時間7時間とすると、この機械1台のうけもつ道路延長は16Kmになる。

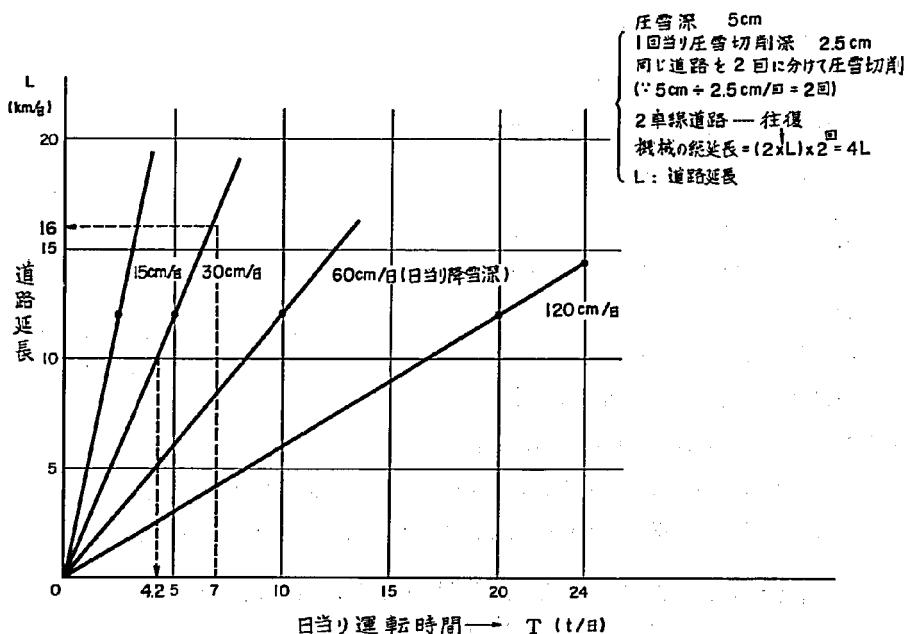


図-28 機械1台のうけもつ道路延長と日当り運転時間

6 結 論

振動式圧雪切削装置と衝撃式圧雪切削装置を使用し、各圧雪条件下、機械の各作業性能下で、圧雪切削実験を行なった結果次のようなことが明らかになった。

(振動式圧雪切削試験)

- (1) 圧雪切削深を増加させるには、切刃の線圧を大きくすることが必要である。この為に振動式でも油圧シリンダからの押付力を加えると有効である。……(図-10、図-11)
- (2) 振動式圧雪切削の場合、雪質によつて切削深は微妙に変わる。……(図-10、表-5)
- (3) 二軸偏心マスによる起振力が、切削深に及ぼす効果はこの装置の機構ではあまり認められない。……(図-12)

- (4) 毎分振動数の増加に伴い、押腕抵抗力（推力）が減少する。……（図-17）
- (5) 作用馬力に対する除雪能率は毎分振動数の増加にしたがって上昇しており、振動が走行抵抗の低減に寄与している。……（図-15）
- (6) 作用馬力、振動馬力の全機関出力に対する除雪能率は毎分振動数の増加に伴い減少する。このことから振動は切削にあまり寄与していない。……（図-16）

（衝撃式圧雪切削試験）

- (1) 衝撃式圧雪切削の場合、圧雪切削深さは衝撃を与える切刃の時間当り衝撃回数すなわちクランク軸回転速度の増加に従って大きくなる。更に軸回転速度が大きくなると、油圧シリンダからの押付力を加える必要がある。……（図-18、図-19、図-20）
- (2) 切刃の打撃ピッチは小さい程圧雪切削深が大きくなるが、35cm以下になると押付力をかけないとアタッチメント本体がとびはねてしまう。又打撃ピッチは最高で40cmなおさなければならぬ。……（図-21）
- (3) 圧雪切削深に対する切刃の絶対速度（車速も含めた）の影響は認められない。（図-22）
- (4) 除雪能率は軸回転速度120rpm以上では軸回転速度に殆んど関係なくほぼ一定の値3t/Pshになっている。……（図-23）
- (5) 除雪能率は打撃ピッチが小さい程大きな値となっており2t/pshの除雪能率を得るには打撃ピッチ40cm程度又はそれ以下にするとよい。……（図-24）

7 あとがき

本実験は昨年度（昭和44年度）のロータリータイプ型、ブロー型圧雪処理機試験に引き続き、振動式、衝撃式圧雪切削機による試験を行なったもので、一応路面圧雪処理技術に関する研究の最終のものとなった。各機種とも、圧雪処理に関して、それぞれ独特な効果をもっており、圧雪処理専用機には勿論、グレーダー等のブレードに摘要されうるものと思われる。なお本研究に於ては圧雪処理の技術的なことを主として述べ、圧雪の物性、圧雪切削の破碎機構等、理論的な検討はふれなかったが圧雪の弾塑性的な目からみた圧雪切削の理論的な裏付け等、色々興味深い課題も残っている。

なお今回の実験に当って、吹雪の中実験に協力して戴いた国立防災センター雪害実験研究所長田室長、小林技官、三日月技官及び湯沢出張所の方々、石手川工事々務所樋下技官（元土木研究所機械研）、機械研究室杉山技官、笠井技官、門脇技官、吉田技官、中野技官、石島技官に深く謝意を表するものである。

8 写 真



写真-4 圧雪切削実験全体風景

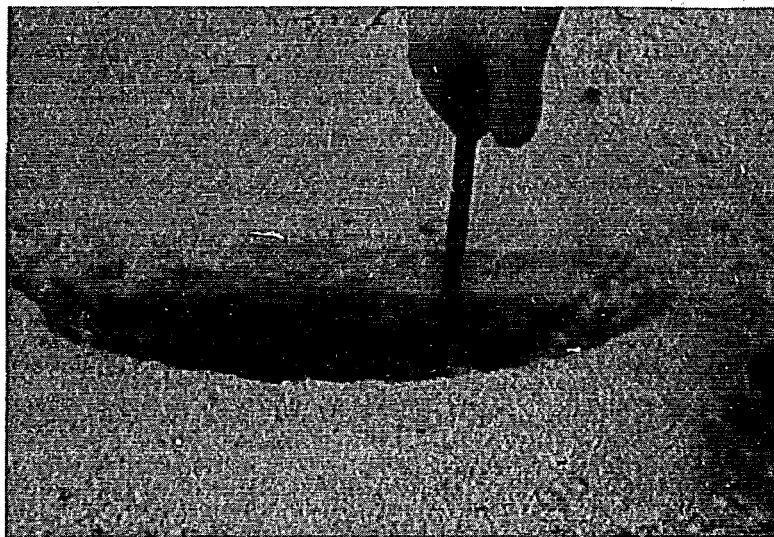


写真-5 圧雪深及び圧雪層



写真-6 圧雪コアサンプラー



写真-7 木下式硬度試験



写真-8 圧雪深測定

9. 参 考 文 献

- 1 土木研究所資料 第667号
路面圧雪処理方法に関する研究(田中、野原、小山)
- 2 日本建設機械要覧(1971) 日本建設機械化協会編
- 3 工業振動学 (益田、室田)
- 4 土木研究所資料 第310号
高速除雪方法に関する研究
ブラウ除雪実験(第2報) (長田、沢田、岩崎)
- 5 土木研究所資料 第417号
高速除雪方法に関する研究
ブラウ除雪実験(第3報) (沢田、岩崎、佐々木)
- 6 機械工学便覧
- 7 機械振動入門(小堀与一著)
- 8 防雪工学ハンドブック、日本建設機械化協会編
- 9 理論応用 統計学(岸根卓郎著)

路面圧雪処理方法に関する研究

土研資料第703号
昭 46 (1971)

— 振動式および衝撃式による
圧雪切削について —

田 中 康 之
岡 崎 治 義
小 山 博 司

キーワード・圧雪切削・振動式衝撃式・除雪能率

要旨 路面圧雪処理の研究の一環として、振動式衝撃式圧雪切削装置による作業性能を究明する実験を行ない、一方ロータリー・ブレード型の実験結果との比較をした結果、下記のこと が 解 明 さ れ た。

1. 各装置とも油圧シリンダによる押付力の効果が大きく反映されている。
2. 衝撃式は軸回転速度を増加させるとよい。
3. 振動式では、振動の効果は走行抵抗の減少に効果がある。
4. 4機種を比較した場合ブレードタイプ四角刃が最も除雪能率が高い。

