

土木研究所資料

第431号

土工機械の作業能力に関する試験調査

（トラクタショベルの作業能力）

昭和44年3月

建設省土木研究所 機械研究室

土工機械の作業能力に関する試験調査

トラクタショベルの作業能力

機械研究室 磯 部 金 治

目 次

1. ま え が き	1
2. 調査目的	2
3. 用語の意義	3
4. 調査内容	7
4-1 調査概要	7
4-2 文献調査及実測調査項目	7
4-3 調査方法	9
4-3-1 測定法	9
4-3-2 測定器具	9
4-4 調査対象機械仕様及現地土質試験	9
4-4-1 調査対象機械仕様	9
4-4-2 土質試験	9
5. 調査結果	13
5-1 短期調査(42年度)	13
5-1-1 サイクルタイムの分析	15
5-1-2 作業量, バケット容積	22
5-1-3 燃料消費量	23
5-2 長期調査(41年, 42年度)	25
5-2-1 稼働時間の分析と作業量	25
5-2-2 燃料消費量	27
6. 考 察	28
6-1 短期調査と長期調査の関係	28
6-2 各動作分析の検討及道路土工指針との比較検討	31
6-3 今後の調査方法と問題点	38
7. ま と め	41
8. あ と が き	42

1、まえがき

土工機械の作業能力は、対象となる工事の諸条件で大きく変化するので、これ等を適確に把握することは難しいが、投入された機械を能率よく使用するためには、各種条件に対する作業性の検討や、作業能力算定のための算定基準の確立を計り、能率的な使用計画を立てる事が必要である。これまで、各種試験調査あるいは性能試験結果から、算定基準・算定式についての検討が行なわれ、基準化がなされている。

機械研究室においても、40年度から土工機械の作業性や作業能力算定のための算定基準・算定式および諸係数について検討するための試験調査を行なっているが、これらの調査は文献・資料による実績調査、所内での実験測定さらに実際の土工現場での実測調査を行なって、作業能力の算定基準を確立するための資料を得ようとするものである。

2、調査目的

土工々専用機械の合理的・能率的な使用計画を立てるためにも、又大規模・多量の工事量を有効に処理するためにも、設計作業の合理化・能率化を促進する必要がある。その手段として、土工機械の積算基準の確立が急務となっている。現在も各種の調査とその資料にもとづく基準化の作業が続けられているが、満足な形にはなっていない。

今回の調査報告は、土工機械のうち、土の積込・運搬作業に使われている履带式及車輪式トラクタショベルについて、各要因別の作業能力の把握と各調査データをもとに、今までの積算基準との比較検討を行ない、積算基準の補強・修正のための資料を得ようとするものである。更に、近年急速に利用技術が開発されつつある電子計算機によって、土工々事の設計積算を行なうための基礎資料を得るため、作業能力に影響を及ぼす各種要因の分析と、それ等の作業に必要な資料を得るための調査方法についての検討を目的としている。

3、用語の意義

このレポートに使用されている用語の意義について説明する。尚6章3節の図-11の要因特性図を参照のこと。

(1) 性能試験

機械の製作完了と共に、性能試験場にてJISD6505（車輪式および履带式トラクタシヨベル性能試験方法）に示されている積込作業を行なって、短期間の作業能力の試験を行なう場合を言う。

(2) 現場性能試験

現場にてJISD6505に準じた作業試験を行なう場合を言う。

(3) 短期調査

調査対象現場にて、調査機械が各作業条件（要因）のもとに作業を行なっている状況を調べるもので、機械の基本となる短期間の各作業条件別の作業能力（標準作業量）が把握できる。調査期間は1～2日行ない、長期調査用レボグラフの較正もかねて、終日機械の動作の監視を行なう方法である。

(4) 長期調査

調査対象現場にて、調査対象機械の一工期間又はある長期の区間の稼動状況を調査するものである。調査方法は、機械の作業時間及び燃料消費量を、一週間分の自記記録計（レボグラフ）による記録と、現場監督者によって、毎日の作業量（調査対象機械のルーズ状態の作業量）とその日の作業条件（積込方式・移動距離・掘削高低差・土質・土の状態・現場状況等）を記録する、作業日報の作製を行なう方法である。

(5) 積込方式

トラクタシヨベルで土を積込む方法としては、JISD6505⁽⁹⁾に示されているように積込作業を行なう方式を模式的に示しているもので、I・V・L・Tの四種に分類する。

(6) 作業能力の計算に使用される各係数・用語の説明

(i) 土量換算係数(c)

土はそのおかれた状態で、容積を変化するもので、地山の状態・機械に積込んだ状態・締め固めた状態の各関係は、今までの調査により、各土質ごとにだいたい係数がきまって

いる。これを f とすると、地山土量を1とした場合、それぞれ $L \cdot C$ で表示される。

作業量を表示する場合、基準作業量を同一の土の状態を表示する場合には $f = 1$ でよいが、異なる場合はそれぞれの状態で、それぞれの係数 $L \cdot C$ をかける事になる。

(ロ) バケット容量(q)

バケットですくい込む土量で、単位は m^3 とする。作業能力の計算の場合、道路土工指針では平積容量を用いているが、本報告ではJISD6505⁽⁹⁾により山積容量を用いる。

(ハ) バケット係数(k)

バケットへのすくい込みの難易によって、実用上バケットに入る土量が増減するのを補正する係数で、道路土工指針では平積容量を1としているが、本報告では山積を1としている。

(ニ) 負荷率(η)

土工機械の搭載機関の各作業条件による燃料消費量を分子とし、性能試験結果又は仕様値より、連続定格出力に於ける燃料消費量(L/h)を分母とした場合の η を、その条件における負荷率とする。

(ホ) サイクルタイム($C_m \cdot C_{ms}$)

トラクタショベルが所定の場所より前進し、土を掘削積込を行なって、自から移動してダンプへ積込み、もとの場所へ帰るまでの移動・掘削・ダンプ積込・移動の1サイクルの時間を C_m とし、secで示す。作業能力を比較する場合、作業条件(要因)の変化するものについては各々類別し、各サイクルのデータを要因の一致するものにわけ、一定の移動距離にもとづいて作業量を算出する必要がある。その一定距離を本報告では、V型積込で片道移動距離8mとし、この時間を標準サイクルタイム(C_{ms})として使用している。単位はsecである。

(ヘ) 移動距離と時間の割合(m)

道路土工指針では、トラクタショベルの移動距離と時間の関係は直線関係で表示し、その勾配は移動時間(sec)/片道移動距離(m)の割合を m として、履带式では $m = 2.0$ 、車輪式では、 $m = 1.8$ と表示している。本報告においても同じ定義にてこの m を使う。

(ヒ) 作業量(Q)

機械の作業能力を表わすもので、特にことわりがない場合は m^3/h で示す。作業量 Q は

次式で求められる。(1)(2)

$$Q = \frac{3.600 \times q \times K \times f \times E}{C_m}$$

(イ) 理論作業量 (Q_{th})

機械の仕様値より一定移動距離を設定して計算した作業量、又は各種性能試験値の最高値とする。

(ロ) 標準作業量 (Q_e)

短期調査に於いて、数拾サイクルの実際の作業のサイクルタイムを基に、標準サイクルタイムに修正し、作業待その他機械の本来の作業以外の時間は除いた値をもとに算出される作業量である。いわば正味作業量である。

(ハ) 現場作業能力係数 (E_e)

理論作業量が各作業条件（図-11、トラクタシベルの積込作業能力の要因特性図参照）により低下する割合で、いわば正味作業効率というもので、標準作業量を分子とし、理論作業量を分母とした比率である。

(ニ) 作業効率 (E_t)

調査現場に於ける調査対象機械の一日の作業量を同じ作業条件のもとに修正し平均化した時間当り作業量を分子とし、その作業条件に於ける標準作業量を分母とした場合の比率で示す。

機械の長期にわたる作業量の基準となるものである。今回の調査方法では、長期間にわたる機械の作業条件の平均化・数値化をいかにするか、レボグラフ・作業日報の精度による実作業時間・作業量と一日の短期調査による実作業時間・作業量のくい違い等問題がある。このためにも、数回の短期調査による修正と、作業条件の把握が必要である。

(ホ) 実作業時間率 (E_h)

長期調査データより得られた機械の作業時間（実作業時間）を分子とし、運転時間を分母とした比率とする。

(ヘ) 運転時間率 (E_d)

長期調査による運転時間を分子とし、一日の運転時間を8時間と仮定し、それを分母と

した場合の比率である。機械の投入計画にあたって、一日の標準運転時間の目安となる。

(カ) 稼働日数率 (E_m)

長期調査のデータのうち、一日一時間以上稼働した場合の日数を分子とし、機械が現場へ投入されてから引き上げるまで（前後の輸送日も含んで）の全日数を分母とした比率で、機械の使用計画の目安となるものである。

4、調査内容

4-1 調査概要

この報告書は、42年度調査を中心に40年、41年度に行なったトラクタショベル（履带式）の各現地調査及び文献調査その他各種調査資料をもとに、作業能力の検討・土工指針との比較検討・基準化の参考資料・今後の調査方針等をまとめたものである。

調査内容は、40年度は、ほぐした土・地山の場合についての積込作業量の違いについての調査を行った。

41年・42年度は、調査期間を長期と短期に分け、短期調査から得られる各要因別の標準作業量と長期調査の作業量との比較検討を行なった。又、長期調査より作業効率の推定・機械実作業時間率の推定・稼働日数率等の推定を試みた。

42年度に於けるトラクタショベル（履带式）の調査は、関東地方建設局 千葉国道工事事務所管内の国道51号線改良工事現場にて、トラクタショベル（バケット山積容積1.2^m）の積込作業を行なっている場所にて、一台のトラクタショベルの追跡調査を行なった。

調査は短期・長期の二段階について行ない、短期調査とは、一日のある一定時間を区切つて、トラクタショベルの作業条件（作業状態・各積込方式・土質その他土の状況については地山・ルーズ）の違い等各要因別分類と動作分析を行ない、各動作時間・燃料消費量・積込重量を測定し、データ処理の後標準移動距離を設定して標準作業量を推定し、各作業量の違いについて検討した。

長期調査とは、一工期間（昭和42年11月3日～43年3月24日）機械に積算時間計を取付け、長期にわたる作業時間・燃料消費量・休止時間の測定を行なった。別に作業日報より作業量・作業種別等を分類して、実作業時間率・時間当り作業量・作業種別分類より各種別の作業割合の推定を行なった。

更に短期の標準作業量と長期調査の比較検討を行ない、実作業時間率・作業効率の推定を行なった。

他に地建での調査データ・機械化研究所での調査データを基に各種機種別・容量別の作業量との比較検討を行なった。

4-2 文献調査及び実測調査項目

表-1に、今回のレポートにとりまとめた各地で行なわれた調査測定項目について示す。

43年度調査は調査番号5に示す。

表-1 調査箇所及調査内容一覧表

調査区	1	2	3	4	5
調査場所	関東地建 千葉国道工事管内	日本建設機械化協会 建設機械化研究所	中国地建 浜田国道工事管内及 広島技術事務所	関東地建 常陸工事管内	関東地建 千葉国道工事管内
工事区分	道路新設工事	性能試験	道路新設工事(浜田) 性能試験(広島)	道路新設工事	道路新設工事
調査対象機種	1.5mトラクタショベル (業者持込機械)	0.4~1.7mトラクタショベル16機種 (業者持込機械)	1.5mトラクタショベル (官所有機械)	1.7mトラクタショベル (業者持込機械)	1.2mトラクタショベル (ドーザショベル) (業者持込機械)
調査対象機械の作業工程	地山掘削積込及ブルドーザで掘りゆるめられたルーズ土積込(I型)	ルーズ土の積込(V.I.L.T型)	ルーズ土の積込(V.I型)	ブルドーザで掘りゆるめられたルーズ土の積込(V.I型)	ローム層を薄くけずり取るようにして掘削積込(V.I型)
試験分類	作業試験	(性能試験)	現場性能試験	作業試験	作業試験
調査現場状況	平坦	平坦	平坦	平坦	平坦
積込土質	ローム土	ローム土	レキまじりローム土	レキまじりローム土	ローム土 (シルト質ローム)
土工量	—	—	37,000m³	30,000m³	20,000m³
工事施工区分	請負	試験	請負	請負	請負
調査年月日	昭和40年11月13日	39年~42年	41年10月20日 42年3月24日	長期 41年12月24日~ 42年3月15日 短期 41年12月21日~ 12月23日	長期 42年10月25日~ 43年3月27日 短期 42年11月9日 42年12月11日~ 12日 42年2月2日
調査概要	実測調査 短期 サイクルタイム—燃料消費量—土量の測定, 土質資料の採取測定	資料調査 短期 サイクルタイム—燃料消費量—土量の測定,	資料調査 短期 サイクルタイム—燃料消費量—土量の測定,	実測調査 短期 サイクルタイム—燃料消費量—土量の測定, 土質資料の採取測定 長期 実作業時間—燃料消費量 積込回数の積算	実測調査 短期 サイクルタイム—燃料消費量—土量の測定, 土質資料の採取測定 長期 運転時間—実作業時間—燃料消費量—作業量

4-3 調査方法

4-3-1 測定法

42年度の調査方法は、短期・長期の2区分を行ない、各区分ごとに次のような調査方法をとった。

短期調査は、トラクタショベルが定められた場所で積込作業を行なっている所を、各積込作業能力に影響を及ぼすと思われる要因の変化ごとに、分類を行ない、その間のサイクルタイム・燃料消費量・作業量の測定を行ない、各要因ごとの作業分析を行なった。分析した要因は、作業状況では積込場所の移動・積込方式（V・I型）の変化・土質の変化・ルーズ・地山の違い等である。上記各要因ごとに、標準作業距離の設定を行ない標準化を行なった後、標準作業量の算出を行なう。

したがって、この作業量がその要因におけるその現場にて、機械の出し得る最大作業量と見なす。すなわち標準作業量が算出される。

長期調査は、機械に稼働時間計及び燃料計を取り付け、機械の一日の動作のうち運転時間・作業時間・休止時間・燃料消費量の4分類が自記できるようにした。記録紙の取り替えは一週間ごとに行なった。作業記録の自記と平行に、現場管理者により作業日報の記録を行ない、稼働時間の記録と合わせ、分析を行なった。

作業日報の記録内容は、作業の種別・土質・積込土の状況・積込回数・平均移動距離・積込方式・運転手の分類等、作業能力に強く影響を及ぼすと思われる要因について記号化して記録した。

4-3-2 測定器具

現場測定調査に使用された測定器及び測定方法は表-2に一括して示す。

4-4 調査対象機械仕様及び現地土質試験

4-4-1 調査対象機械仕様

表-3に、42年度調査機械についての仕様をかかげた。他の調査については表-12を参照の事。

4-4-2 土質試験

表-4・表-5に42年度調査の土質調査結果を示す。表-6には、42年度も含め今までの調査における土質調査の各試験値の平均値を示す。

表-2~1 現場実測調査に使用された測定器及測定方法（短期調査）

分類	測定項目	使用計測器	測定方法
短期調査	サイクルタイム	ペン書きオシログラフ、マイクロスイッチ、ペン書きオシログラフ用増巾器	トラクタショベルの前進・後進・掘削・積込、ギャ入替等の任意の動きを遠方より監視しながらマイクロスイッチのボタンを押すことにより電磁記録ペンにてオシログラフペーパーへ記録し、各動作別に時間を読みとる。単位はsecとした。
	燃料消費計	燃費計 (DG100E東京精密測器K.K.) テレメータ (ST-410株式会社プリモ) ペン書きオシログラフ	機関の燃料フィルターと増射ポンプの間に燃料消費計を取付け燃料消費量1.0ℓごとに発生する出力パルスをテレメータの送信増巾器に入れ送受信し、遠方監視用ペン書きオシログラフに入れる。
	積込土量	ロードメータ 2個 (10t米国ロードメータK.K.) ロードセル 4個 (4t信興通信K.K.)	運搬路出入口にロードメータを設置してダンプトラックに積込まれた土の重量の測定、又一部はダンプトラックの土量容積も同時測定行う。
	移動距離	近接スイッチ (TL-2HM-A 立石電気K.K.) テレメータ (ST-410 K.K.プリモ) ペン書きオシログラフ (WR211-80渡辺測器)	トラクタショベルの起動輪カバーへ無接点スイッチ（近接スイッチ）を取付け、起動輪の回転により無接点スイッチの前面を起動輪の歯が横切ることにより発生する出力電流を、テレメータの送信増巾器に入れ送受信し、その出力電圧を遠方監視用ペン書きオシログラフに入れ、パルスを読み取り、較正值を算出して、実際作業に於ける移動距離を算出。
	走行路面及び積込土の見掛密度	モールド (容 積 3.0000ℓ 1.0000ℓ 5.655ℓ)	積込土は容積3.0000ℓのモールドを押込んで資料採取地山の場合は容積1.0000ℓ及び5.655ℓのモールドを地山に打込んで資料を取り、密度測定を行う。
	走行路面及び積込土の含水比	JIS1203, 土の含水量試験方法にもとづく試験器	JIS1203にもとづく試験方法
	積込土の粒土分析	JISA1204, 土の粒土試験方法に示す試験器	JISA1204にもとづく試験方法
	積込土のコンシステンシー試験	JISA1205, 土の液性限界試験方法に示す試験器	JISA1205にもとづく試験方法
		JISA1206, 土の塑性限界試験方法に示す試験器	JISA1206にもとづく試験方法
	積込土の土粒子の比重試験	JISA1202土粒子の比重試験方法に示す試験器	JISA1202にもとづく試験方法
調査	土のせん断強度	一面せん断試験器 (K.K丸東製作所, 三笠式) せん断リング D=60mm	せん断試験用試料リング又は1.0000ℓモールドにて現場資料を採取し、一面せん断試験機にてせん断抵抗を測定
	コーン指数	コーンペネトロメータ	コーンペネトロメータにて走行路のコーン指数の測定

表一 2-2 現場実測調査に使用された測定器及測定法（長期調査）

分類	測定項目	使用測定器	測定方法
長期調査	実作業時間 作業量	積算時間計 レボグラフ矢崎総業製 24時間-7日用	調査用機械に稼働時間監視用の積算時間計を取り付けて、機械の運転に応じて、振動・エンジン回転数・燃料消費量を記録させた。記録紙の入替は一週に一度行ない、一工期間つづけた。別に作業日報より作業量をよみ取る。
	燃料消費量	燃料計 (フューエロメータ矢崎総業製)	積算時間計(レボグラフ)に記録させた燃料パルスを読みとる。

表一 3 調査機械仕様

試験No	機械名	規格	バケット容積	全装備重量	機関規格-PS	走行速度(前進・後進)Km/h			備考
						V ₁	V ₂	V ₃	
1	ドーザンソール	D-50S	1.2m ³ (山積)	12.2t	4D120-90	2.4-3.2	3.5-5.2	5.2-5.5	42年度調査

表一 4 積込運搬土の土質試験(42年度調査)

試験No	項目	レキ分	砂分	シルト分	粘土分	最大径	60%径	10%径	均等係数	2,000μフルイ通過率	420μフルイ通過率	74μフルイ通過率	三角座標上の記号	三角座標法による分類	備考
1	積込運搬土の平均土質	0	43	51	6	2.000	0.1	0.009	11.1	100	82	57	J	シルト質ローム	2m/m以下
2	"	0	42	50	8	2.000	0.095	0.006	15.8	100	85.0	57.2	J	"	"
3	"	0	26	67	7	2.000	0.038	0.009	4.2	100	92.9	74.2	J	"	"

表一 5 コンシステンシー試験及其他試験(42年度調査, 表一 4 試験No 1 の土)
(%)

項目	測定値
液性限界(LL)	131.25
塑性限界(PL)	98.30
塑性指数(PI)	32.95
土粒子の比重(γ_{cd})	2.816

表-6 土質試験一覧表

調査所		1	2	3	4	5	備考
調査年月日		40. 11. 13	39年~42年	41. 10.	41. 12.	42. 12.	
土質		シルト質ローム	ローム土	深まじり砂質ローム	シルト質ローム	シルト質ローム	三角座標法による分類
地山	含水比(%)	126.2	—	—	—	115.5	
	乾燥密度(g/cm^3)	0.526	—	—	—	0.496	
	単位体積重量(g/cm^3)	1.191	—	—	—	1.072	モールドにて
	コーン指数(Kg/cm^2)	—	—	—	—	9.3	
	せん断試験(OKg/cm^2)	—	—	—	—	0.28	
	" (φ度)	—	—	—	—	18.27	
積込運搬土	含水比(%)	129.3	—	—	21.6	117.8	
	単位体積重量(g/cm^3)	0.873	—	—	1.453	0.958	モールド又はダンプ内にて

調査所は表-1によった。

5. 調査結果

5-1 短期調査(42年度)

42年度の短期調査に於ける測定結果は、表-7のトラクタシヨベルのサイクルタイム分析集計表に示す。積込場所・積込方式別に各サイクルタイムと移動距離・ギヤ切替時間・積込時間・掘削時間について整理してある。それ等の数値より標準作業量を算出すると185 m/h となった。今回の短期調査は2~3日間に同じ場所の調査しか行なっていないので、土質別・土の含水状態・その他の要因の変化等についての標準作業量の比較は行なっていない。標準サイクルタイムは表-7に示すとおり3.12 secとなった。次に各節に動作分析その他細部の調査結果を示す。

表-7 トラクション・ベルサイクルタイム分析集計表

	分類番号(例)	1	2	3	4	5	6
測定分類	測定年月日-時刻	84.2.11.9 10.00~16.00	84.2.11.9 13.00~	42.11.9 14.50~	42.11.9 15.50~	43.2.2	左同
	測定場所	千葉国(八千代)A	左同 A	左同 B	左同 B	左同 B	左同 B
	測定時の整理番号(試験係)	係24~35 係81~83	係37~54	係56~69	係70~74	現場性能試験 係135	左同 係136
機械仕様	規格-運転整備重量(t)	小松 D-508-12.2	左同	左同	左同	左同	左同
	バケット容積(山 ³)	12-90	"	"	"	"	"
	定格出力(PS)	"	"	"	"	"	"
	2速 3速	0.97~1.53 1.44~2.20	"	"	"	"	"
積込様式	組合機械、規格	ダンプ(6~8t連)	"	"	"	—	—
	積込方式-掘削高(m)	V-0.5	I-0.5	I-0.5	I-0.5	V-0.5	左同
	前進-後進速度段	3-3	左同	左同	左同	左同	"
	オペレータ経験年数及年齢(年)	3-23	"	"	"	"	"
土質分類	土質分類 (三角, 改訂, PR, 統一)	(三角) シルト質ローム	"	"	"	"	"
	走行路, コーン指数-貫入試験	—	—	—	—	9.3Kg/cm ²	"
	掘削地山の 平均せん断強度(σ/σ' -度)	—	—	—	—	$C=0.28$ $\phi=18.27$	—
土質分	掘削積込 土の状態(地山C, ルーズL)	L	L	L	L	C	L
類	積込前の土の平均乾燥密度(σ/cm^3)	0.635	0.635	0.496	0.496	0.709	—
	" の平均単位体積重量(γ)	1321	1321	1072	1072	1339	—
	" の含水量(%)	108	108	115.5	115.5	89.9	—
	積込後の土の平均乾燥密度(σ/cm^3)	—	—	0.436	0.436	—	—
	積込後の (ダンプ上)平均単位体積重量(γ)	—	—	0.958	0.958	—	—
	" の含水量(%)	—	—	117.8	117.8	—	—
測定値(平均値)	資 料 数	32	42	38	11	24	16
	積込容積(ルーズ)(m^3)	1.6	1.6	1.45	1.45	1.36	1.36
	前進時間 (距離-時間相関式)(sec)	$\bar{Y}=0.14099 \pm 1.5$	$\bar{Y}=0.24095 \pm 0.3$	$\bar{Y}=4.34082 \pm 0.4$	$\bar{Y}=0.14102 \pm 0.4$	$\bar{Y}=0.84069 \times$	$\bar{Y}=0.14079 \times$
	ギヤ切換時間(sec)	1.7	1.5 $\pm$ 0.1	1.5 $\pm$ 0.1	1.6 $\pm$ 0.3	2.1 $\pm$ 0.4	—
	掘削時間(sec)	4.1	4.2 $\pm$ 0.3	4.5 $\pm$ 0.2	4.0 $\pm$ 0.5	3.8 $\pm$ 0.4	2.8 $\pm$ 0.4
	ギヤ切換時間(sec)	1.9	1.7 $\pm$ 0.1	2.0 $\pm$ 0.2	2.0 $\pm$ 0.4	1.8 $\pm$ 0.3	1.7 $\pm$ 0.3
	後退時間 (距離-時間相関式)(sec)	$\bar{Y}=4.24065 \pm 0.8$	$\bar{Y}=1.64065 \pm 0.6$	$\bar{Y}=2.54055 \pm 0.6$	$\bar{Y}=1.54072 \pm 0.9$	$\bar{Y}=1.4405 \times$	$\bar{Y}=0.64057 \times$
	ギヤ切換時間(sec)	1.5	—	—	—	1.4 $\pm$ 0.2	1.4 $\pm$ 0.4
	前進時間 (距離-時間相関式)(sec)	上段前進可同	—	—	—	上段前進可同	左同
	ギヤ切換(又は待機)時間(sec)	1.5	4.2 $\pm$ 0.6(W-1) 10.2 $\pm$ 2.8(W-2)	4.2 $\pm$ 0.1(W-1) 8.2 $\pm$ 4.0(W-2)	5.2 $\pm$ 0.8(W-1)	—	—
	積込時間(sec)	3.0	3.1 $\pm$ 0.2	3.1 $\pm$ 0.2	2.9 $\pm$ 0.4	1.6 $\pm$ 0.2	1.6 $\pm$ 0.4
	ギヤ切換(又は待機)時間(sec)	1.6	—	—	—	—	—
	後退時間 (距離-時間相関式)(sec)	上段後進可同	—	—	—	上段後進可同	左同

	分類番号(例)	1	2	3	4	5	6
測定値	ギヤ切換(0)又は待(0)時間(sec)	1.5	3.7±0.5(W-1) 6.9±0.7(W-2)	3.5±0.4(W-1) 7.1±0.5(W-2)	4.9±0.7(W-1)	1.3±0.2	1.5±0.4
	1サイクルのギヤ切換時間及待時間計(sec)	9.7	14.9	14.1	14.2	6.6	4.4
	片道移動距離(8m)に於ける1サイクルの時間(sec)	3.1.2	3.6.5	3.6.5	3.6.6	23.70	20.40
	時間当作業量(例)	185	158	143	143	207	240
(平均値)	燃料消費量(C, C又はL/h)	—	—	—	—	13.0L/h	12.4L/h

※ W-1はサイクルの待時間, W-2はダンプ入替ごとの待時間(平均 3 cyclesに1回)

5-1-1 サイクルタイムの分析

(1) 移動距離と時間

トラックタショベルの動作のうち, 前進・後進の各移動距離と時間の関係を図1~図6に示す。それぞれの計算式及分類記号は表-7に示す。各グラフは参考のため走行速度←時間の仕様値が $f-2 \cdot f-3 \cdot R-2 \cdot R-3$ と記入してある。各記号の数値は速度段を示している。今回の調査では要因の大きな変化がなかったので, 各分類ごとの m の変化はなかった。図-5~図-6は, ダンプトラックの組合せを行なわないで, トラックタショベルのみの動作について計測を試みたものである。したがって, この調査方式を現場性能試験とした。

移動距離と時間の関係を表わす係数 m は, 道路土工指針によると, 直線関係で表示し, その勾配が, 履帯式では $m=2.0$ となっている。調査結果では表-8のとおりである。

表-8 各積込方式によるサイクルタイム算定式の直線の勾配

積込方式	前進	後進	前後進合計 減加速含む	減加速時間 ギヤ切換時間を含んだ場合 (標準移動距離片道8mとして)
V	0.99	0.82	1.81	2.96
I	1.02	0.91	1.93	2.28
V(ダンプ組合せなし)	0.77	0.68	1.45	1.85

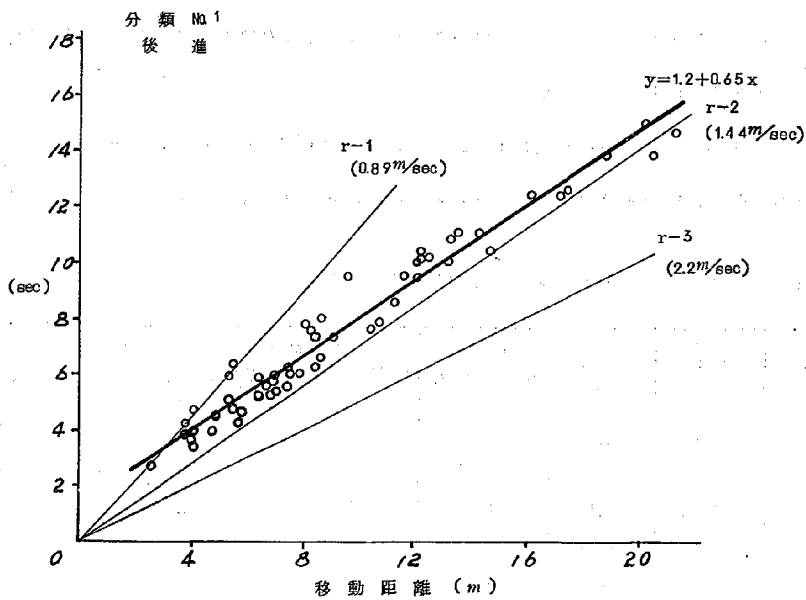
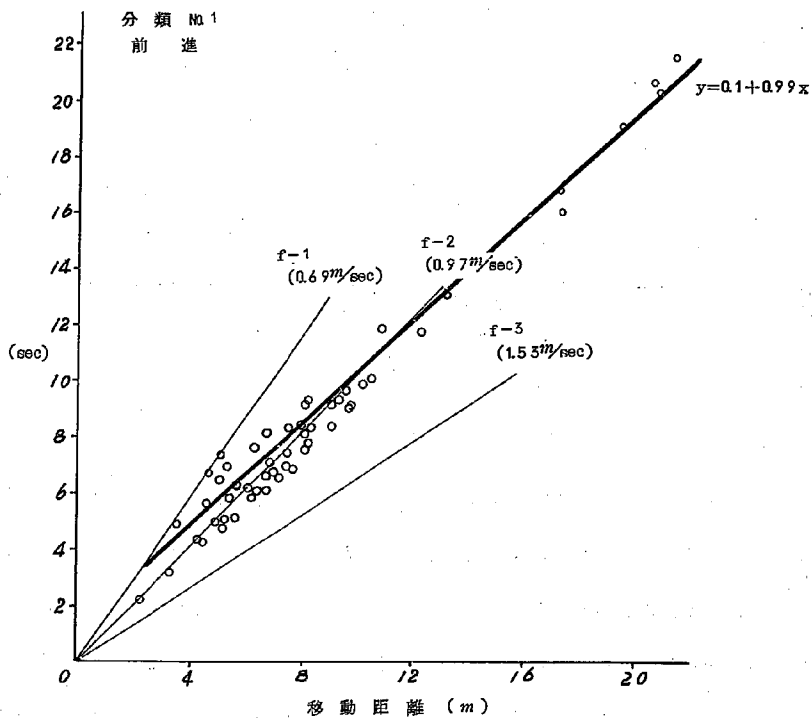


図-1 トラクションベル移動距離一時間の相関直線

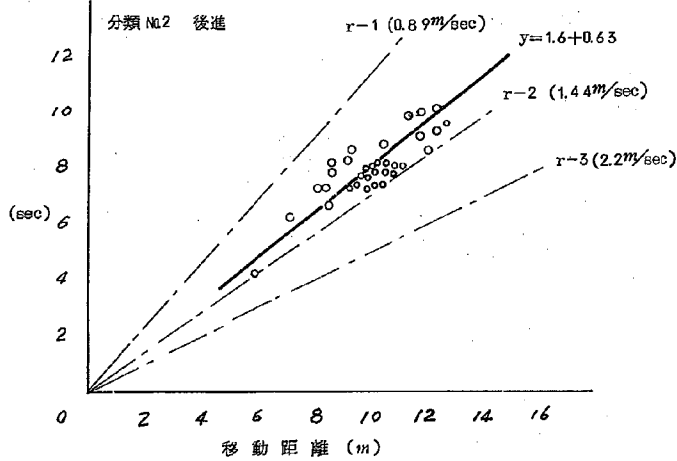
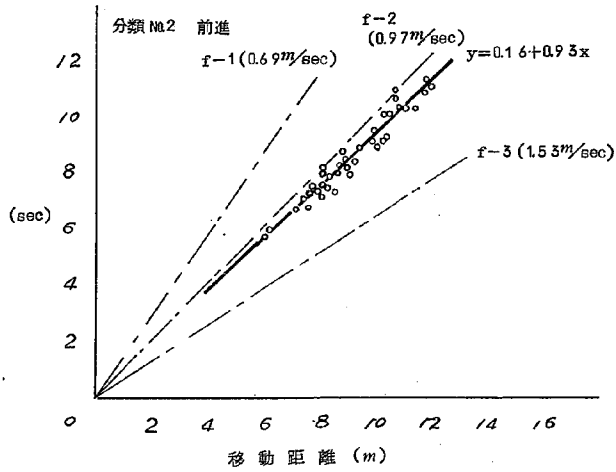


図-2 トラックタショベル移動距離—時間の相関直線

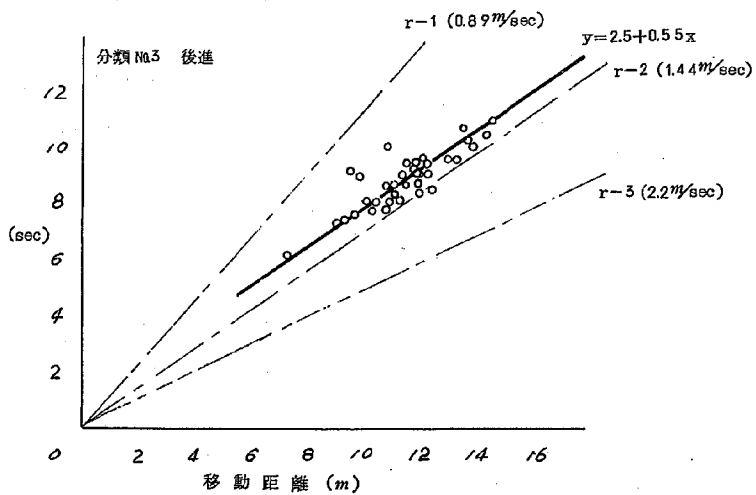
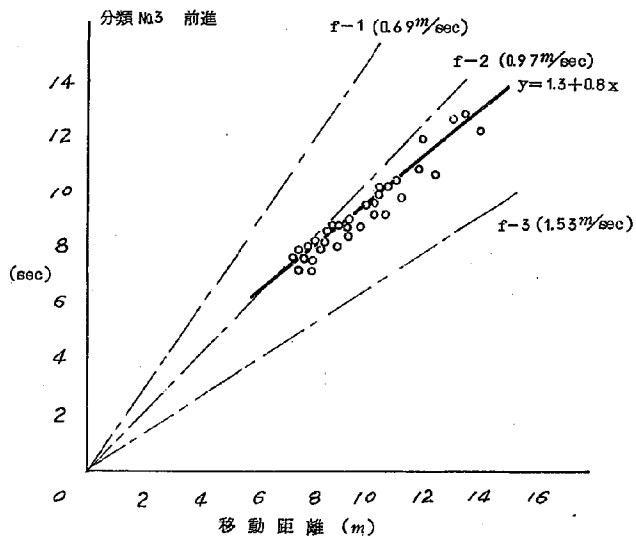


図-3 トラックタシヨベル移動距離一時間の相関直線

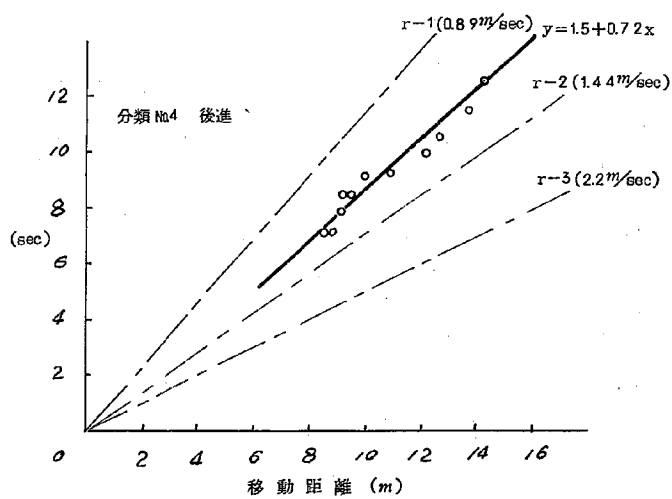
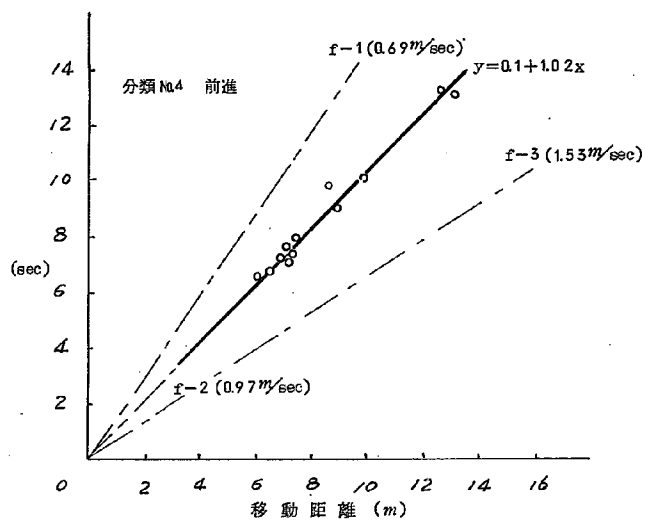


図-4 トラックタシヨベル移動距離—時間の相関直線

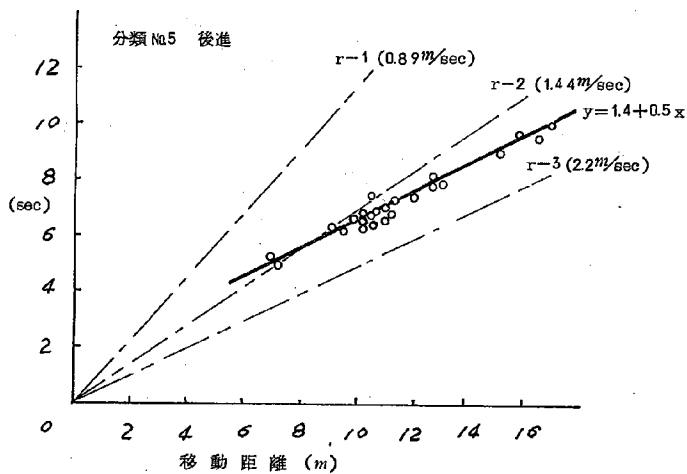
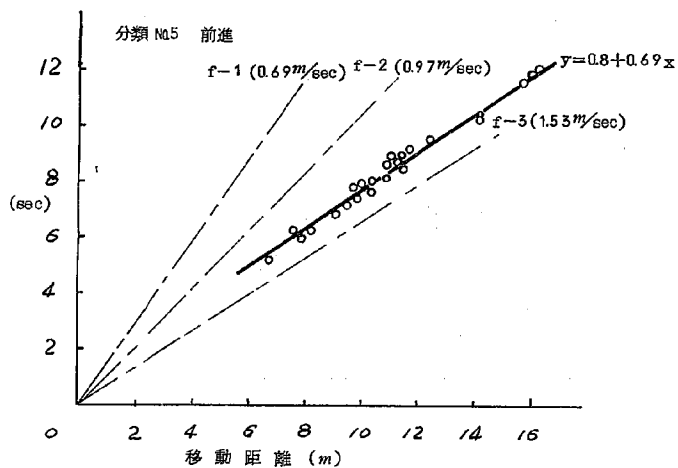


図-5 トラクタシヨベル移動距離一時間の相関直線

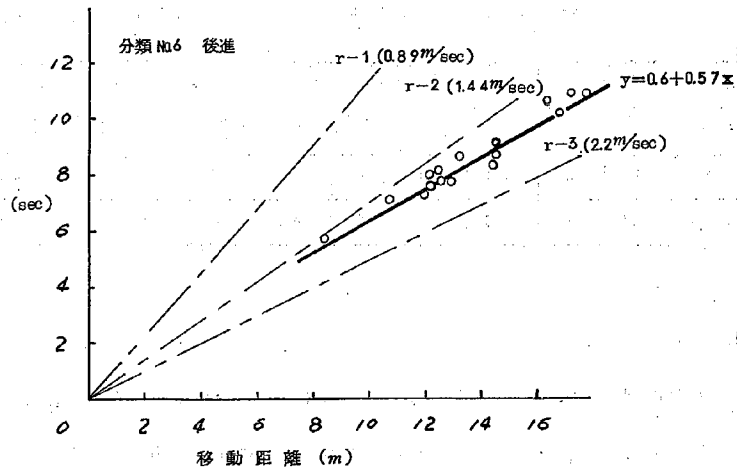
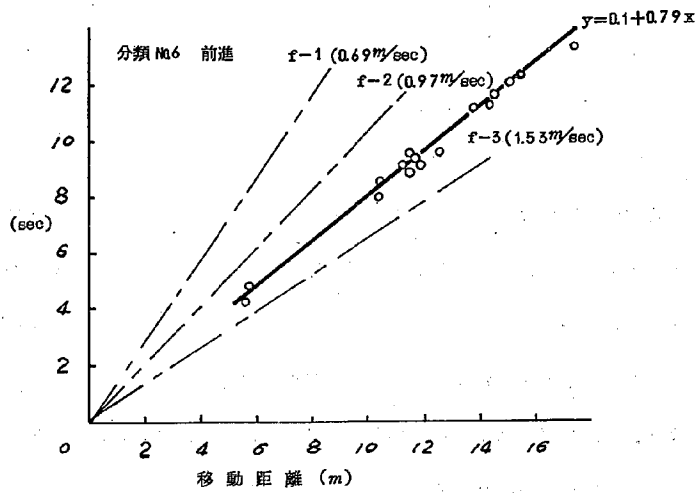


図-6 トラクタシンベル移動距離—時間の相関直線

(2) ギア切替時間

ギア切替時間はどの積込方式とも1.5～1.7 secとなっている。今回の調査では動作分析をこまかく行なったので、ギア切替時間についても分析できたが、多くの性能試験とか現場調査データでは、移動時間に含まれている。今回の調査に於けるギア切替時間は、V型積込で、6動作9 sec、I型積込4動作（2動作は待時間の中へ入り込むので、実際は2動作が計測できる）3.5 secとなっている。

(3) 掘削時間

掘削時間については、表一4～表一5の土質では、地山・ルーズの変化はなく4～5 secとなっている。はっきりした差を見つけるために、ダンプトラック組合せなしで、地山・ルーズの積込時間のみを数サイクルについて比較してみた所、掘削時間には差がなかったが、掘削前後におけるギア切替時間の差が見られるようである。これは実際の調査では、移動時間へ入り込んでいる事が考えられる。その差は移動距離～時間の直線の勾配の差となってあらわれるのであるが、移動時間にくらべて小さいので、傾向はでていない。

表一9に掘削時間の比較表を付す。合わせて、道路土工指針との比較をしてみた。

表一9 ダンプトラックに積込を行なわない場合におけるサイクルタイムの分析（掘削時間）

単位 sec

	ローム土掘削時間 (sec)				ローム土、シルトまじり (sec)				シルト質土、掘削時間 (sec)				道路土工指針計 (sec)	
	ギヤ交換	掘削	ギヤ交換	計	ギヤ交換	掘削	ギヤ交換	計	ギヤ交換	掘削	ギヤ交換	計	容易な掘削	やや困難な掘削
地山	2.1	3.8	1.8	7.7	1.4	4.4	1.5	7.3	1.5	4.8	1.9	8.2	—	8
ルーズ	0	2.8	1.7	4.5	0	3.2	1.2	4.4	0	3.3	1.6	4.9	5	—

(4) 積込時間

積込時間については3～3.3 secとなっている。今までの調査では、各作業条件の変化範囲がせまく、機種別・土質別等による差はないようである。

5-1-2 作業量・バケット容積

重量測定と土の単位体積重量から、ダンプトラックの荷台に積込まれた土の容積の算出を行なった。その結果を表一7に示す。又一部はダンプトラックの荷台上の土の容積を直

接計測して作業量を計算した。

バケットのすくい込み容積は、バケット容積・土質・含水量・組合わせダンプトラック容積等による差が生ずると思われるが、今回は土質が一種のみであり、又その他の要因の変化についても調べていない。標準作業量は表-7に示してある。

現場性能試験値に対する現場作業能力係数は86.8%となった。ここでのべてある、現場性能試験値は、ダンプトラックと組合わせて作業を行ったのではないので実際より高い値となっており、掘削土がルーズの場合で、約240^mとなっている。

5-1-3 燃料消費量

今回の調査では、各サイクルの時間当り燃料消費量については測定できなかったが、組合せ機械なしの場合のサイクルタイム測定を行なったときの燃料消費量は、V型積込で地山の場合は13.0^ℓ/h、ルーズの場合12.4^ℓ/hとなった。これには待時間（ダンプの入替等）が入っていない。したがって、実作業に於いてはこれより多少減少すると思われる。

現場性能試験に於ける各動作に於ける燃料の消費状況について調査した結果を図-7に示す。負荷率は、地山、ルーズの場合それぞれ62.4%、59.1%となった。

エンジン性能試験より、フルロードがかった場合の燃料消費量の計算値（燃比 $200g/PS/h$ 、燃料比重 0.83）

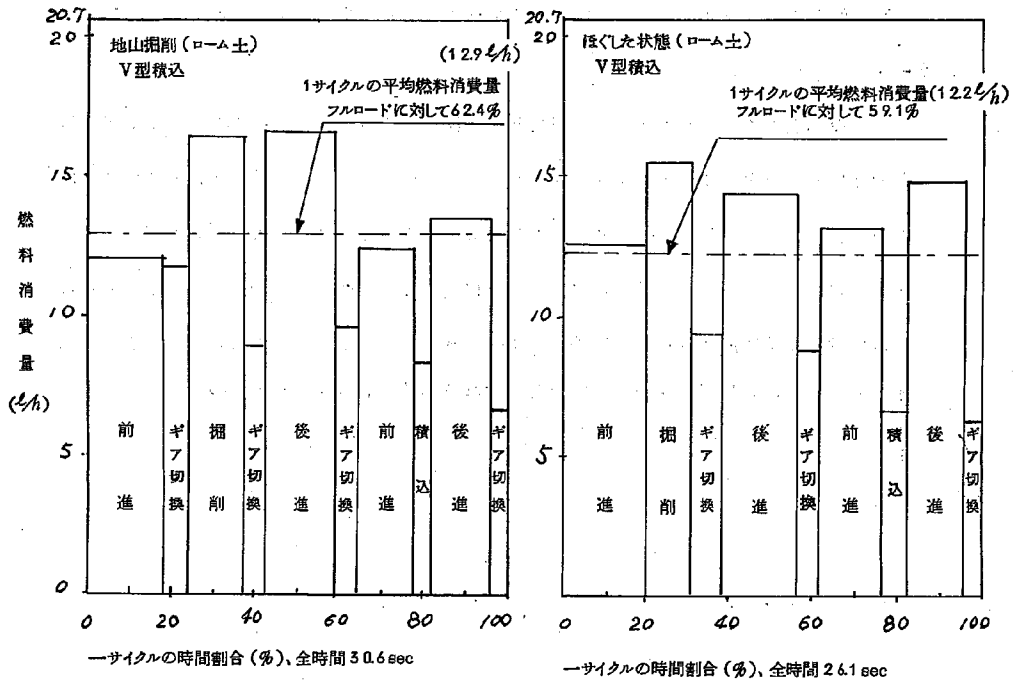


図-7 各動作分析に於ける燃料消費割合 (負荷率)

5-2 長期調査

5-2-1 稼働時間の分析と作業量

表-10に今回及昨年度行なったトラクタシヨベルの稼働日数、稼働時間、作業量についての集計表を示す。この表より稼働日数率、実作業時間率等が計算できる。今回はトラクタシヨベルの本来の積込作業を行なった日数は、全稼働日数の36.5%となっている。(昨年度62%)。

今回の調査対象機械がドーザシヨベルだったので、アタッチメント交換によりドーザ作業も行ない得るのでその方の作業が多くなったためと思われる。

トラクタシヨベルの作業は今までの各種データでも積込作業量と作業行程等により、積込作業日数率が低い場合がある。したがって積込作業に対する作業効率は当然低下している。又トラクタシヨベルの作業の性質上小さな待時間が多いが、レボグラフ記録紙よりこれ等の読み取りができないので、集計では作業時間と計算されている。又調査方法にもよるが、積込作業の間に他の作業が相当入り込んでいる事が考えられる。42年度調査機械の時間当り作業量を計算してみると $22.3\text{ m}^3/\text{h}$ となり、短期調査と比較して大きな差がある。

6章1節の表-11に各効率について計算してある。

表-10

トラクタシヨベル長期調査記録一覧表

調 査 機 械 調 査 期 間		トラクタシヨベル山積1.7m ³ 、125PS 調査期間、昭4 1.1 2.2 4~4 2.3.15、							トラクタシヨベル山積1.2m ³ 、90PS 調査期間、昭4 2.1 2.4~4 3.3.19、						
項 目	日数 日	運転時間 h-m	実作業時間 h-m	作業量 m ³	燃料消費量 ℓ	実作業時間当 作業量 m ³ /h	実作業時間当 燃料消費量 ℓ/h	日数 日	運転時間 h-m	実作業時間 h-m	作業量 m ³	燃料消費量 ℓ	実作業時間当 作業量 m ³ /h	実作業時間当 燃料消費量 ℓ/h	
全 日 数 及 時 間	82	170-33	118-08	9,421.0 ⁽¹⁾	2,417.0	79.75	20.46 ^{ℓ/h}	104	641-50	420-46	5,701.8 ⁽²⁾	3,620.0	8.8	8.60 ^{ℓ/h}	
稼働日数及時間	29	"	"	"	"	"	"	93	"	"	"	"	"	"	
積込作業日数及時間(地山)	0	0	0	0	0	0	0	29	227-13	151-09	3,042.1	1,343.0	20.1	8.89	
積込作業日数及時間(レーズ)	18	116-20	81-47	9,421.0	1,756.0	115.20	21.47	5	32-12	23-11	659.7	210.0	28.4	9.06	
ドーザ作業日数及時間	5	32-33	23-03	—	327.0	—	14.19	29	193-15	126-58	—	1,142.0	—	8.99	
材料運搬日数及時間	3	14-00	9-00	—	206.0	—	22.89	24	151-12	97-53	—	710.0	—	7.25	
けん引作業日数及時間	0	0	0	0	0	0	0	1	1-56	0-30	—	5.0	—	10.00	
法切り作業日数及時間	4	7-40	4-18	—	128.0	—	29.77	5	36-02	21-05	—	210.0	—	9.96	
修理日数及時間	40							0							
休止(雨天等による) 日 数 及 時 間								11							
(作業開始前等) 段取待休止日数及時間	12														
休 日 数															

(1) 作業量は短期調査の実績1サイクル2.4t/1.41(1.7m³/cycle)で計算 (2) 作業量は短期調査の実績1.45m³/cycleで計算

5-2-2 燃料消費量

表-10には各作業種別の時間当り燃料消費量を示す。42年度調査の機械は時間当り燃料費が少なく、現場にての待時間が非常に多かつた事を示す。負荷率は43%となつている（昨年度の値71.3%）。

短期調査での待時間なしの場合の燃料消費量は13 $\frac{1}{h}$ （地山掘削）である。

6. 考 察

6-1 短期調査と長期調査の関係

41年度及び42年度調査については短期と長期調査を併行させて行なつたので、それについて検討してみた。

短期調査と長期調査を比較する場合は、当然各種要因が一致しなければならぬが、土工調査では実験室にて行なう実験と違つて機械の作業能力に影響を及ぼす要因を一定に保つて実験を行なつたり、ある一定要因が長く連続した状態が続く事は少ない。

そこで我々は長期調査と短期調査を比較しながら標準化を行ない、特別な要因を除き、一調査期間を通じての平均的な条件に於ける作業量との比較を試みた。

図-8は、42年度調査結果より各作業条件を一定と見なして、各調査分類について作業量を比較したものである。表-11は41年度調査も含めそれ等のデータを6章3節の図-11の要因特性図にしたがつて比較してみたものである。作業効率の値が大きなバラツキがあるようである。しかも、作業日数率は非常に低い事がわかる。

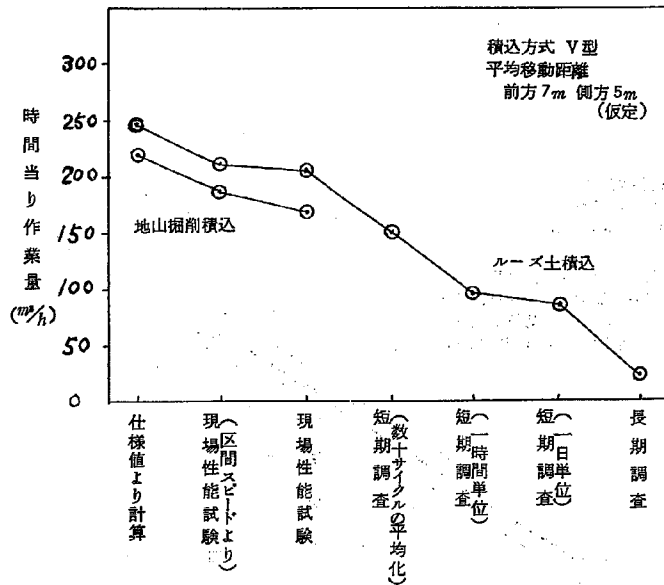
表-11 トラクタシヨベル調査分類別作業量比較表 (履带式 41、42年度現地調査)

機種	理論作業量 $Q_{th} (m^3/h)$	標準作業量 $Q_s (m^3/h)$	現場作業能力係数 $E_o (\%)$	作業効率 $E_e (\%)$	実作業時間率 $E_h (\%)$	運転時間率 $E_d (\%)$	稼働日数率 $E_n (\%)$	実作業時間 当作業量 $Q_t (m^3/h)$	実作業時間 当燃料消費 量 (kg/h)	備 考
※ A	—	—	—	—	69.3	73.5	35.4	—	20.5	全工種について
B	—	—	—	—	65.6	77.1	89.4	—	8.6	"
A	209.5	138	65.9	83.5	70.3	80.8	※※2.20	115.2	21.5	積込作業について
B	240.0	185	77.1	12.1	67.2	95.4	※※3.27	22.3	8.9	"

※ 機種Aはバケット山積容積1.7 m^3 、運転整備重量16.2t、連続定格出力125PS、調査No.4

機種Bは " 1.2 m^3 、 " 12.2t、 " 90PS、調査No.5である

※※ 全作業日数に対して土砂の積込作業を行なった日数率である。



作業量を推定した調査分類 (42年度調査)

図-8 トラクタショベル各分類別時間当り作業量

図-9は今までのトラクタショベル(履带式)の各地での調査の短期調査にもとづく標準作業量及び建設機械化研究所での性能試験結果より算出した作業量と、バケット容積についての関係グラフである。実線で示した直線は性能試験結果より算出した作業量のみで計算してある。長期調査の作業量の標準化を行なった値も同時に記録した。

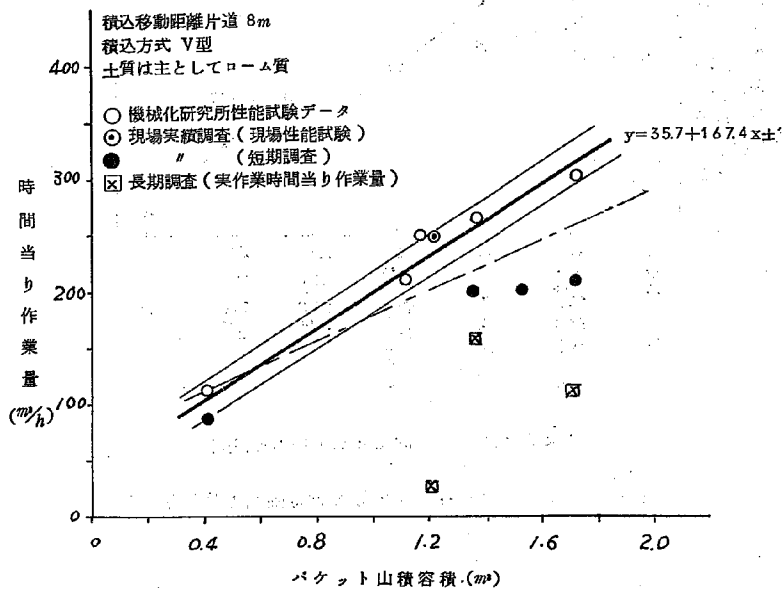


図-9 トラクタショベル（履帯式）バケット容積—時間当り作業量（ルーズ状態）

又図-10には車輪式トラクタショベルの性能試験結果より計算した作業とバケット容積の関係について示す。計算では不良標本と仮定して二点は除いてある。図-9、図-10より性能試験の段階では、バケット仕様容積と作業量は直線相関とみなしてまちがいないようである。

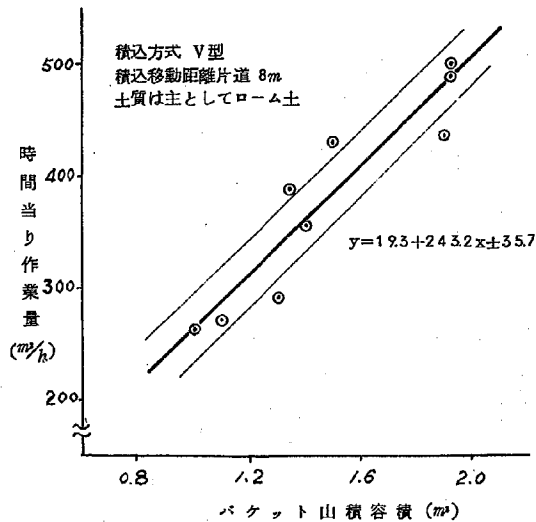


図-10 トラクタショベル(車輪式)バケット容積一時間当り作業量(ルーズ状態)

6-2 各動作分析の検討及び道路土工指針との比較検討

表-12及び表13に、今までのトラクタショベル(履带式)及び車輪式について、各作業条件、各動作分析の時間等の調査結果の一覧表をかかげた。資料調査等も含まれ、各要因がつかみにくく、比較が困難であるが、平均的な各要因について分析した結果をかかげた。調査表5は42年度の調査結果を示す。次に、今までの調査結果をもとに、道路土工指針との比較検討を試みた。

表-12

トラクタショベル動作分析総括表(履带式)※

調査 No (9)	整理 No	測定 年月	機 種	運 転 定 格 出 力 (PS)	運 転 整 備 重 量 (t)	バ ケ ツ 山 積 容 積 (10)(m³)	試 験 の 種 類	土 の 状 態	土 質	各種込方式による移動時間 (片道8mとする)					掘 削 (ダ ンプ 積 込 時間 (Sec))	ダ ンプ 積 込 時間 (Sec)	ギ ヤ 切 換 時間 (Sec)	待 時 間 (Sec)	バ ケ ツ 積 込 容 積 (m³)	バ ケ ツ ト 係 数 (10)	時 間 費 当 量 燃 料 (L/h)	片 道 移 動 距離 8m として の 合 計 (V型)	時 間 当 作 業 量 片 道 (V型)
										速 度 段	V 型 積 込 (Sec)	L 型 積 込 (Sec)	I 型 積 込 (Sec)	T 型 積 込 (Sec)									
2	1	4.1.12	K-1	32	3.3	(0.3) 0.4	性能試験	ルーズ	(4)ローム土	2	12.6	16.5	(7)26.1	18.4	3.2	1.6	—	—	0.53	(1.77) 1.33	5.6	17.4	109.7
	2	4.1.6	M-1	35	3.3	(0.34) 0.4	"	"	"	2	16.2	20.3	(7)26.7	19.5	4.3	2.0	—	—	0.53	(1.56) 1.33	5.2	22.5	84.8
	3	4.1.5	C-2	108	11.8	(1.17) 1.34	"	"	"	2	19.8	15.6	16.5	18.8	3.2	1.4	—	(5)2.3	1.79	(1.53) 1.34	23.0	24.4	264.1
	4	4.0.12	C-1	71	10.8	(0.97) 1.15	"	"	"	3	15.9	15.7	22.2	13.9	3.1	1.9	—	(5)3.2	1.47	(1.52) 1.28	15.0	20.9	253.2
	5	4.0.9	S	75	10.2	(0.9) 1.10	"	"	"	3	15.0	18.6	—	14.5	7.5	2.6	—	—	1.45	(1.61) 1.32	11.8	25.1	208.0
	6	3.9.12	K-2	140	16.0	(1.5) 1.70	"	"	"	2 3	15.1	14.2	17.6	—	3.7	2.3	—	(5)2.4	1.77	(1.18) 1.04	—	21.1	302.0
3	7	4.1.10	C-3	108	11.6	(1.17) 1.34	現場性能試験	"	礫まじり 砂質ローム	2	16.3	15.6	11.9	—	5.5	3.4	—	(5)1.7	1.49	(1.27) 1.11	24.3	26.9	199.4
	8	4.2.3	C-3	108	11.6	(1.17) 1.34	"	"	"	2	16.7	14.7	14.9	—	5.6	4.7	—	—	1.20	(1.03) 0.90	20.8	27.0	160.0
4	9	4.1.12	K-3	125	16.2	(1.5) 1.7	"	"	礫まじり ローム土	3	13.8	—	—	—	4.4	4.7	6.3	—	1.70	(1.13) 1.00	20.1	29.2	209.6
	10	4.1.12	K-3	125	16.2	(1.5) 1.7	現地作業状 態での調査	"	"	3	13.8	—	—	—	4.4	4.7	5.3	16.1	1.70	(1.13) 1.00	(20.8)	44.3	(6) 138.1
1	11	4.0.11	M-2	115	13.9	(1.3) 1.5	"	"	ローム土	2	—	—	12.6	—	5.6	4.6	—	(5)10.1	1.83	(1.41) 1.22	12.6	(5)32.9	(6)200.2
	12	4.0.11	M-2	115	13.9	(1.3) 1.5	"	地山	"	2	—	—	12.0	—	9.5	4.2	—	(5)9.5	1.95	(1.5) 1.30	11.6	(5)35.2	(6)199.4
5	13	4.2.11	K-4	90	12.2	(1.0) 1.2	"	ルーズ	"	3	14.4	—	13.9	—	4.1	3.0	—	(5)17.7 9.7	1.45	(1.45) 1.21	—	31.2	(6)167.2
	14	4.2.11	K-4	90	12.2	(1.0) 1.2	現場性能試験	"	"	3	11.5	—	—	—	2.8	1.6	5.1	—	(1.45)	—	12.4	21.0	(248.6)
	15	4.2.11	K-4	90	12.2	(1.0) 1.2	"	地山	"	3	9.5	—	—	—	3.8	1.6	8.8	—	(1.45)	—	13.0	23.7	(220.3)

※ 文末参考資料 (1) (2) (3) (4), (5) I型積込の場合 (6) 現地調査に於ける標準作業量 (7) 待時間含む (8) ルーズ土量 (ダンプ積込)
(9) 表-1参照 (10) 二段書きの上段は平積の場合である

※ 文末参考資料 (1) (2) (3) (4), (5) I型積込の場合 (6) 現地調査に於ける標準作業量 (7) 待時間含む (8) ルーズ土量(ダンプ積込)
 (9) 表-1参照 (10) 二段書きの上段は平積の場合である

表-13

トラクタシヨベル動作分析総括表(車輪式)

調査No.	整理No.	測定年月	機種	連続定格出力 (1)(PS)	運転整備重量 (T)	バケット山積容積 (5)(m^3)	試験の種類	土の状態	土質	各積込方式による移動時間 (片道3mとする)				掘削 (積込時間) (Sec)	ダンプ積込時間 (Sec)	ギヤ切換時間 (Sec)	待時 間 (Sec)	バケット積込土容積 (m^3)	バケット係数 (5)	時間当燃料消費量 (l/h)	片道移動距離 (V型)	サイクルタイム (V型)	時間当移動距離 (m)
										速度段	V型積込 (Sec)	L型積込 (Sec)	I型積込 (Sec)	T型積込 (Sec)									
2	1	4.5.2	KI-1	(2) 62.7	65.5	(0.85) 1.1	性能試験	ルーズ	(4) ローム土	1	15.0	18.7	25.0	14.2	7.5	4.5	3.4	—	1.03	(1.17) 0.94	8.5	30.2	122.8
	2	4.0.6	T-1	58.5	5.9	(0.85) 1.0	"	"	"	2	7.6	10.1	11.3	7.3	3.9	2.4	2.1	—	1.16	(1.36) 1.16	10.4	16.0	261.0
	3	4.1.4	C-1	127	11.0	(4) (1.6) 1.91	"	"	"	2	11.1	10.9	13.4	8.6	3.2	2.5	—	—	2.29	(1.43) 1.20	29.5	16.8	490.7
	4	4.1.4	T-2	91	7.75	(1.2) 1.4	"	"	"	2	9.4	10.2	17.1	9.8	7.5	3.3	2.4	—	1.30	(1.08) 0.93	15.4	22.6	207.1
	5	4.2.1	T-3	61	6.15	(0.9) 1.1	"	"	"	2	13.1	13.8	24.7	8.8	2.1	1.4	1.3	(3) 3.1	1.34	(1.49) 1.22	13.8	17.9	269.5
	6	4.1.12	C-2	82	8.4	(4) (1.1) 1.34	"	"	"	2	8.2	8.5	11.5	7.8	3.5	1.5	1.3	—	1.57	(1.43) 1.17	20.0	14.5	389.8
	7	4.0.9	N-1	83	8.2	(4) (1.2) 1.3	"	"	"	2	9.1	10.5	22.4	7.9	4.3	3.3	3.6	—	1.65	(1.38) 1.27	12.9	20.3	292.6
	8	4.1.8	K-1	85	8.0	(1.2) 1.4	"	"	"	1	10.5	13.5	18.6	8.9	4.3	2.4	—	—	1.67	(1.39) 1.19	17.2	17.0	353.6
	9	4.3.3	K-1	85	8.0	(1.2) 1.4	"	"	"	2	11.2	11.9	22.7	6.9	3.3	(5) 4.3 1.5	—	—	1.92	(1.60) 1.28	20.6	16.0	432.0
	10	4.0.10	KW-1	120	11.8	(1.6) 1.9	"	"	"	1	10.6	13.4	25.2	8.5	3.7	2.5	2.0	—	2.27	(1.42) 1.19	18.4	18.8	434.7
	11	4.2.3	C-1	127	11.0	(1.6) 1.91	"	"	"	2	10.9	11.2	13.4	6.6	3.2	2.5	—	—	2.50	(1.44) 1.20	28.3	16.6	498.8

(1) 仕様値 (2) 作業時最大出力 (3) I型積込 (4) 推定 (5) 二段書きの上段は平積の場合である

(1) バケット係数

表1-14にバケット係数についての比較表をかかげた。二段書きの上段は道路土工指針と同じく平積容積に対するバケット係数である。

今までのデータが中位の積込み程度までであったので、それ以下の比較は行っていない。この表より、実測値が道路土工指針の値より相当高くなっている。

積込みの程度は道路土工指針では言葉で表現してあるが、今までの調査では、バケットの形状・土質（粒度分布等も含む）・含水状態等が強い影響を及ぼしているようで、積込みの際の土の状態（地山・ルーズの状態）では変化がなかった。したがって6章3節でのべるように、これ等の要因による分類がむしろ合理的と思われる。

トラクタシヨベルはパワーシヨベルと違って、サイクルタイムが長いので、掘削時間がかかってもバケットに土が充分入るまで積込み作業を行なうことが能率的な積込み作業といえる。

表-14 バケット係数の比較表（道路土工指針P38表3-37参照）

積込の程度	土の名称および状態	道路土工指針	調査結果	
			履带式 (表-12)	車輪式 (表-13)
容易な積込み	他の掘削機械で切崩し、又は集積された山積状態からの積込みで掘削力を必要とせず容易にバケットに山盛りになるもの。たとえば条件の良い砂、普通土	(1.25~1.0)	(1.53~1.41) 1.34~1.22	(1.49~1.36) 1.27~1.16
中位の積込み	ゆるんだ山積状態からの積込みではあるが上のものよりやや入りにくい土質でバケットをいっぱいにするもの。たとえば砂、普通土、条件の良い粘土、又はやわらかい土砂を直接地山の状態で掘削積込む場合。	(1.0~0.75)	(1.27~1.03) 1.11~0.9	—
やや困難な積込み	—	(0.75~0.65)	—	—
困難な積込み	—	(0.65~0.45)	—	—

()印は平積容積に対する係数である。

(2) 移動距離 — 時間の係数

移動時間については、図1～図6、表9、表12、表13に示したが、表15に片道移動距離8mの場合の、移動距離に対する時間の係数 m についての一覧表を付す。表7と比較されたい。同時に車輪式についても示しておいた。

42年度調査では、各動作分析を詳しく行なったので、表9のごとく、各動作ごとのギヤ切換時間が分析できたが、今までの性能試験等のデータは、積込移動距離等に、それ等の動作時間が含まれており、分析ができなかった。したがってこの m はギヤ切換時間・減加速時間等を含んでいる。測定結果は道路土工指針の基準値の中に入っている。

表15 トラクタショベルの移動距離と時間の係数(履帯式及車輪式)

		単位 sec.			
機種別 試験別 積込方式	表12 履帯式の平均値(ギヤ切換時間含)		表13 車輪式の平均値	土路土工指針	
	性能試験	現場性能試験	性能試験	履帯式	車輪式
V型積込	1.6~2.0	2.0~2.4	※ 1.0~1.6 1.2~1.8	2.0	1.8

※ギヤ切換時間除く

(3) 掘削時間

掘削時間(バケットで、土をすくい上げるのに要する時間)は、履帯式では表8・表9・表12のとおりであるが、多少の例外を除き、ルーズ状態の性能試験では、3.1~4.3 sec; 現地調査では、4.2~5.6 sec となる。したがって容易な積込みとなっている。表16に比較表を示す。基準値との大きなずれはない。

道路土工指針に示す、地面から掘削集土すくい上げの時間の根拠が不明である。今までの調査に於いては、地山の場合でも2.5 sec であり、道路土工指針で示すような値は出ていない。この場合は、おそらく路面を移動しながら薄く掘削した場合を示している事と思われるが、これは、むしろ移動距離と掘削時間が同時に行なわれている場合で、掘削時間をとれば、移動時間は除かれる事となる。

表-16 掘削積込時間の比較表

単位 sec

作業の程度	履 帯 式			車 輪 式		
	道路土工指針		調査結果	道路土工指針		調査結果
	山積状態の すくい上げ	地面からの掘 削集土すくい上げ	山積状態から のすくい上げ	山積状態の すくい上げ	地面からの掘 削集土すくい上げ	山積状態から のすくい上げ
容易な積込	5	22	(ローム質地山) 3.1~5.6	6	24	(ローム質ルーズ) 3.2~4.3
中位の積込	8	32	(ローム質ルーズ) 7.5~9.5	10	35	—
やや困難な積込	10	40	—	15	45	—
困難な積込	12	—	—	20	—	—

(4) その他時間

ギア入換・位置決め・積込及運搬車導入のための時間の比較表を、表-17に示す。

42年度の調査では、ギア切換時間の分析を実施しているが、今までの性能試験及現地調査では、他の動作へ入り込んで分離できなかった。したがって、表-17は、42年度調査を中心として整理しておいたので、他のデータと比較する場合は、性能試験の数値を差し引く必要がある。

道路土工指針に示してある、その他時間は、細部について説明していないので、時間のとりかたがあいまいとなる可能性がある。たとえば、ギア入換時間は各動作ごとの時間が入るが、位置ぎめはどんな状態をいうのか不明である。今後、動作分析を行なって明確にする必要がある。42年度調査の、その他時間のとり方は、表-3参照のこと。

表-17 ギア入換、位置決め、積込及運搬車導入の合計時間比較表

単位 sec

積入方式	道路土工指針	性能試験	現場性能試験	現地調査(編纂)
V	20	1.4~2.6	3.4~10.4	12.7~26.7
I	12	3.8~5.1	5.1	13.7~20.7

(5) サイクルタイムについて

表一18に片道移動距離8mとした場合の、履带式トラクタシヨベルのサイクルの合計タイムについての比較表を付す。道路土工指針の基準値をもとに、8mの移動距離として計算した時間と比較してみたが、短期調査結果の範囲に入っている。しかし、この場合の各動作時間の計算に於けるその他時間の分析がはっきりしていないので、そのままの比較は問題となろう。

表一18 サイクルタイムの比較表(片道移動距離8m, 容易な横込)

単位 sec

積込方式	道路土工指針	性能試験	現場性能試験	短期調査(現場)
V	41	17.4~25.1	21.0~29.2	30.8~44.3
I	33	—	20.2~23.1	35.0

(6) 時間当り燃料消費量

表一19に、今までの各調査(性能試験・短期調査・長期調査)に於ける燃料消費量について示す。

表一19 トラクタシヨベル燃料消費量比較表

機械分類	規格		道路土工指針	表一12, 表一13 性能試験		表一9 短期調査		表一10 長期調査		通過法積込
	シヨベル積容量(t)	連続定格出力(PS)	運転時間当り(t/h)	(t/h)	負荷率	(t/h)	負荷率	実作業時間	負荷率	
履 帯 式	0.4	32~35	—	5.2~5.6	60.8	—	—	—	—	—
	0.8~1.0	—	5.0~6.5	—	—	—	—	—	—	—
	1.0	—	6~8	—	—	—	—	—	—	—
	1.1~1.2	71~90	—	118~130	58.5	—	—	8.9	42.0	—
	1.3~1.5	108~115	7.5~10.5	23~24.3	79.7	—	—	11.6~12.6	40.9	—
	1.6	—	9~13	—	—	—	—	—	—	—
	1.7	125~140	—	—	—	20.8	59.2	(21.5)	(61.2)	—
車 輪 式	0.8	—	4~6	—	—	—	—	—	—	—
	1.1	61~63	6~8	104~138	73.6	—	—	—	—	—
	1.3~1.5	82~91	7~11	13~20	71.9	—	—	—	—	—
	1.9	120~127	—	20~30	76.5	—	—	—	—	—

負荷率とは各調査の燃料消費と仕様値の燃料 $g/PS/h$ より計算した値との比率である。

燃費は220 $g/PS/h$ 燃料の比重0.83とした。

計算に使った馬力及時間当り燃料消費量は各ランクの中間とした。

負荷率とは、連続定格出力に於ける各ランクの中間出力の値を基準として、その時の出力に於ける燃料消費量を分母とし、実際の調査の場合の各ランクの燃料消費量の中間値を分子として、 $\%$ で表示したものである。このデータは、各機械の負荷の様子を知って、この面より機械の稼働率を推定しようとするものであるが、データが少なく、図-7の短期的な要因と長期の結びつき等が、まだできていない。

6-3 今後の調査方法と問題点

まえがきに於いてのべたように、土工機械の作業能力は、作業条件（要因）が、あまりにも多いため、要因の把握とデータ処理のための数値化、調査方法等がむずかしく、基準化を計る障害となっている。したがって、一機関による1~2年のデータでは、完全なものとなり得ない。今後は各機関による調査を行ない、完全な多量のデータ収集が必要と思われる。この節に於いては、今後調査のための基本的な考え方、調査の問題点等を示し、今後の調査方法の統一を計り、正確・多量のデータ収集のための参考としたい。

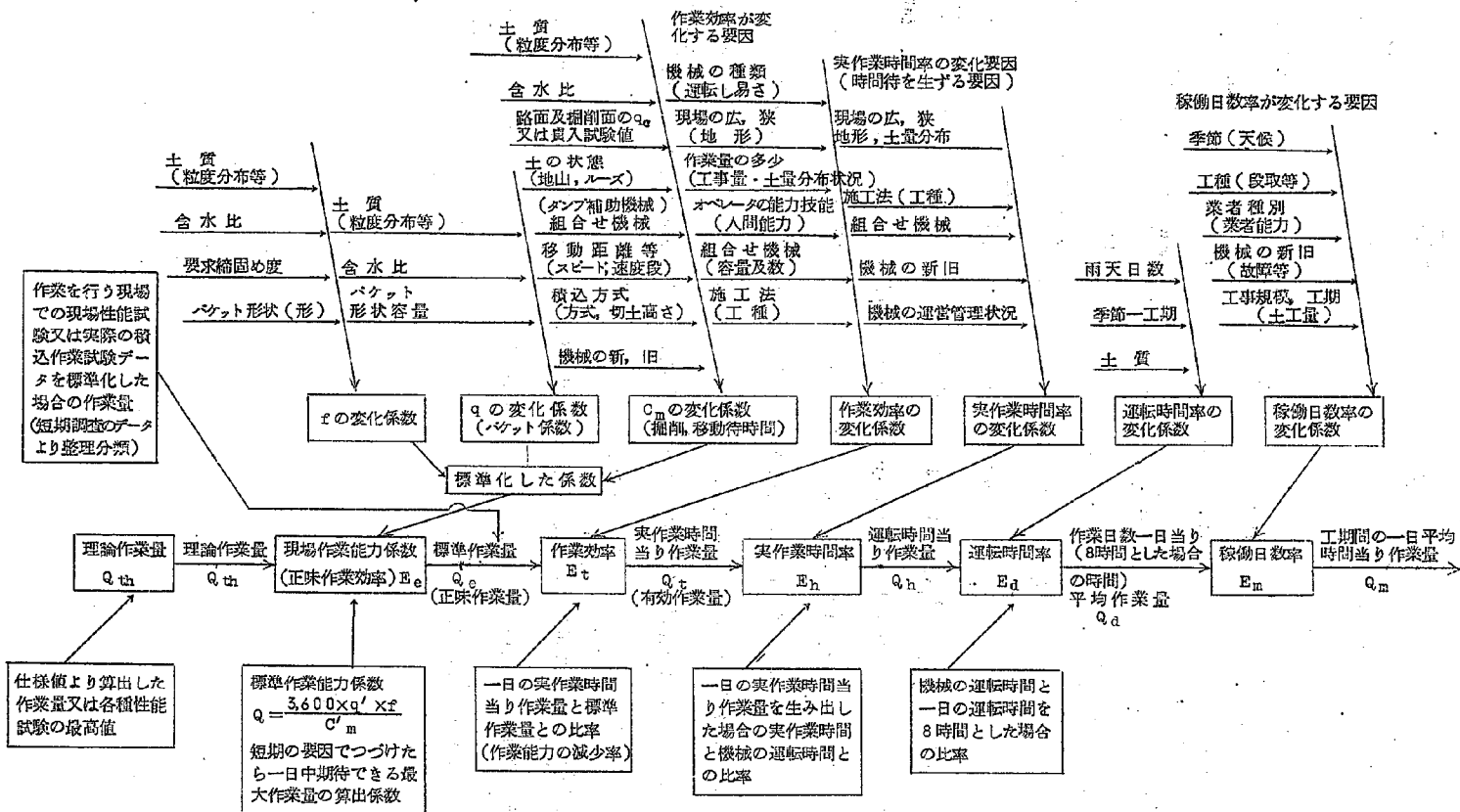
土工機械は、今回報告書にある、トラクタショベルばかりでなく、ブルドーザ・スクレーパ・ショベル・その他各種があるが、これらの機械は単独、或いは組合せて作業が行なわれている。したがって、機械を使用する場合、ある予想される作業条件に於いて、どれだけの作業能力が期待されるかによって、各機械の投入台数、機械経費、工期、工法とが決定されるわけである。したがって、我々は予想される作業条件を、実際の現場にて観測して、その条件下で機械の作業能力を測定するわけである。この作業を行なうには、次の予備作業を行なう必要がある。

- (1) 機械の理論的な作業量を把握する。
- (2) 作業能力に影響を与える。作業条件（要因）の特性をとらえる。
- (3) 機械が作業を行なう場合の基本動作の分析を行なう。

(1)については、現在は仕様値を理論作業量としている。作業条件の最もよい条件下の最大作業量と考えてもよいが、実際は、この作業量は多くのデータが得られなければわからない。

(2)の作業は図-11に、今までの調査をもとに、予想される要因特性図を示したが、これ等の特性図の完成をさせる事である。今回の報告は、その一部について検討したもので、まだ完全な検討はなされていない。

現場作業能力係数の変化要因



※3-2 用語の意義参照

図-11 トラクタシヨベル積込作業能力の要因特性図※

機械の作業能力は、最終的には、一工期間に期待される作業量がわかればよいのであるが、各種作業条件の重なりのもとでは、簡単には算出できない。そこで、この要因特性図のように、各区分ごとに、各作業条件（要因）に於ける作業能力をつかみ、最終的には、各区分ごとに、要因と作業能力を一つの関数関係で示そうとするものである。したがって、要因の分析、数値化が必要である。

(3)は、機械の作業能力を比較する場合には、作業状態が同じでなければならない。したがって、このレポートでは、これを標準状態といって、たとえば移動距離等は、実測より一定値に修正を行なう。これは、機械の動作の基本的な動きを分析し、各動作ごとのサイクルタイムの比較・検討を行なうためである。以上の検討は、各調査を積み上げねば完全になり得ない箇所もありう。それをおぎなう意味で、機械研究室では一部調査をつづけているのである。したがって、ある程度検討のすんだ段階で、綿密な実験計画のもとに、全国調査を行なえば、有効な資料が得られよう。又、その資料をもとに、電算を利用した積算基準の作成も可能であろう。近年、電子計算機の利用が非常に容易になってきたため、統計的多変量解析が、各方面で実施されて来ている。これ等の理論的な方法については、各種参考文献⁽⁸⁾が出されているが、第2節の各要因と作業能力の関係の解析には、この方法が有効な方法と思われる。

又、レポートの中に示した、各表、グラフ等の計算も、プログラム化を終り、データ整理の段階は合理化できている。今後は、統一した試験条件のもとで、いかに正確・多量のデータをとるかということであると思われる。

7、まとめ

以上、各種トラクタショベルの調査結果をまとめたものであるが、6章にのべたように、調査は一部にとどまっている。ここに、トラクタショベルの調査結果より、結論づけられる事、今後基準化に於いて考慮すべき事等、今後の調査についての参考意見について、各章よりひろい出してまとめた。

(1) 今回の調査結果では、道路土工指針に示されている各積算基準値のうち、バケット係数、掘削積込時間等に、かなりの差がみられる。バケット係数は大きく、掘削積込時間は短い値となっている。今後、道路土工指針の各数値、作業条件の表現の方法等について、検討する必要がある。

(2) 性能試験にもとづいて算出された、標準作業量とバケット容積（山積）は、直線相関で表わされる。したがって、機械が、ある現場で、短期的に期待できる作業量は、バケット容積で判定できる。

(3) 標準作業量と長期調査による、実作業時間当り作業量は、相当のずれがあり、今後、長期調査の作業要因の分析、作業種別の分類等を行ない、ずれの原因をあきらかにする必要がある。

(4) 1サイクル当り時間も、調査の方法等により相当バラツキが生じており、はっきりした動作分析を行なって、測定技術、調査内容等を検討し、不明確な部分を除く必要がある。たとえばギア切換時間は、測定技術によっては、データがとれない場合もある。

(5) 電子計算機を応用した、新しい積算基準の作製には、各作業条件の数値化の検討と、統一した調査方式のもとに、多量のデータを集め、解析を加える必要がある。

8. あ と が き

42年度のトラクタショベルの調査は、前年度に引き続き現地調査を行なったが、今回は、サイクルタイム・移動距離・燃料消費量・重量測定等、調査方法の精度を上げて行った。したがって短期調査の標準サイクルタイム・作業量等については、信頼度が高いと思われる。

前にも述べたように、土工機械の調査に於いては、その作業量に及ぼす各要因の数が多く、しかも数値化のむずかしい要因が数多く存在し、データ処理のむずかしいものがある。したがって、各要因別の多くの調査を行なうとともに、各要因の数値化の方法、調査方法の改良等も必要であろう。多数の要因の入り組んだデータ整理方法として、統計的多変量解析の適用についても、今後の検討を加えて行く予定である。42年度の調査機種は、一機種の追跡調査であったので、比較検討はできなかったが、今までのデータ等を参考にして、各機種の作業能力の比較検討、長期調査と短期調査との関係等より、積算基準の目安がつかまえたと思われる。

このレポート作成に当って、現地調査に当っては関東地延千葉国道工事々務所関係官並びに工事担当者の関係者に協力を願ったものである。

又、現地調査並びにデータ整理に当っては、当研究室、岩崎正明・佐々木輝夫・後藤昌隆・吉田六三並びに元機械研究室、渡辺勝男技官の協力を得たものである。

参考文献及参考資料

1. 道路土工指針

社団法人日本道路協会 昭和42年5月 P60, P97~P101

2. 磯部, 佐々木

トラクタシヨベルの作業能力 土木研究所資料第297号 昭和42年7月

3. 中野, 磯部

トラクタシヨベルの作業性能について 土木研究所資料第203号 昭和41年8月

P21~P34

4. 技報(V02, 1967~01)トラクタシッベル(955H)性能調査

建設省中国地方建設局 広島技術事務所 P48~P57

5. トラクタシヨベル性能試験報告

社団法人日本建設機械化協会(39年~42年) 機械化研究所

6. 本田, 宮田

建設省工事に於ける土工機械の使用実態と作業能力(その1) 建設の機械化194号

昭和41年4月 P47~P52

7. 本田, 宮田

建設省工事に於ける土工機械の使用実態と作業能力(その2) 建設の機械化195号

昭和41年5月 P62~P66

8. 岸 根

理論応用統計学 第一版 1966年

9. 車輪式および履帯式トラクタシヨベル性能試験方法 JIS-D6505(1963)