

# 土木研究所資料

第297号

## 土工機械の作業能力に関する調査

1. ブルドーザの作業能力(第2報)
2. トラクタシヨベルの作業能力
3. 模型ブレード試験機

昭和42年7月

建設省土木研究所

土工機械の作業能力に関する調査

建設省土木研究所

印刷物 (No. 297)

# 正 誤 表

| 頁  | 行            | 誤                   | 正                     |
|----|--------------|---------------------|-----------------------|
| 1  | 上 8          | 積                   | 績                     |
| 3  | 上 2          | 一刮                  | 一括                    |
| 5  | 上 16         | see                 | sec                   |
| 7  | 図-1          | 運搬距離                | 運搬距離                  |
| 16 | (表-7)<br>下 6 | 搬出                  | 撤出                    |
| 19 | 図-4          | (b) 搬出              | 撤出                    |
| 24 | 上 4<br>5     | 旧機械の<br>新押土量        | 機械の新旧<br>押土量          |
| 47 | 上 13         | $112.0 \pm 8.2 m^3$ | $112.0 \pm 8.2 m^3/h$ |
| 52 | 図-12         |                     | K-3のハッチング抜け           |
| 53 | 上 5          | (脱字)                | の方法についてのべる。           |

## 土工機械の作業能力に関する調査

1. ブルドーザの作業能力 (第2報)
2. トラクタショベルの作業能力
3. 模型ブレード試験機

機械研究室

磯 部 金 治

佐々木 輝 夫

## 目 次

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| ま え が き                               | 1  |
| 1. ブルドーザの作業能力 (第2報)                   | 2  |
| (1) 調 査 概 要                           | 2  |
| (2) 調査内容および調査個所                       | 2  |
| (3) 測定方法および測定器具                       | 3  |
| (4) 短期調査におけるブルドーザの作業能力の検討             | 5  |
| (イ) サイクルタイムに及ぼす主変動要因                  | 6  |
| (ロ) 燃料消費量に及ぼす主変動要因                    | 8  |
| (ハ) 負 荷 率                             | 13 |
| (ニ) 土工板容量                             | 16 |
| (5) 長期調査におけるブルドーザの作業能力の検討             | 17 |
| (イ) 実 作 業 時 間 率                       | 17 |
| (ロ) 燃 料 消 費 量                         | 20 |
| (6) 考 察                               | 20 |
| (イ) 短期調査にもとづくサイクルタイムおよび燃料消費に及ぼす各要因の影響 | 20 |
| (ロ) 短期調査にもとづく時間当り作業量および燃料消費量の推定       | 21 |
| (ハ) 短期調査と長期調査との関係 (作業効率)              | 23 |
| (7) む す び                             | 27 |
| 2. トラクタショベルの作業能力                      | 28 |
| (1) 調 査 概 要                           | 28 |
| (2) 調査内容および調査個所                       | 29 |
| (3) 測定方法および測定器具                       | 30 |
| (4) 短期調査におけるトラクタショベルの作業能力の検討          | 31 |
| (イ) 運搬距離と時間                           | 31 |

|                              |    |
|------------------------------|----|
| (a) 掘削時間                     | 36 |
| (b) ダンプトラックスの積込時間            | 33 |
| (c) 待時間                      | 38 |
| (d) バケット容量                   | 39 |
| (e) 燃料消費量                    | 40 |
| (5) 長期調査におけるトラクタシヨベルの作業能力の検討 | 40 |
| (i) 実作業時間率、作業量               | 40 |
| (ii) 燃料消費量                   | 47 |
| (6) 考察                       | 49 |
| (i) 各作業分析および作業時間に対する各要因の影響   | 49 |
| (ii) 短期調査にもとづく時間当り作業量の推定     | 52 |
| (iii) 短期調査と長期調査との関係(作業効率)    | 53 |
| (7) 結論                       | 57 |
| 3. 模型ブレード試験機                 | 57 |
| (1) 概要                       | 57 |
| (2) ブレード試験機の仕様               | 58 |
| (3) ブレード試験機の主要構造             | 59 |
| (4) ブレード試験機概要図および写真          | 60 |

## 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、これを適確に把握することはむずかしいが、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はかり、能率的な使用計画を立てることが必要である。

これまでにも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、基準化が行なわれている。

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つて、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。

40年度はブルドーザについて現場調査を行ない、作業能力算定式に対する考え方を明らかにしたが、41年度はブルドーザおよびトラクタショベルの試験調査、模型ブレード試験機の試作を行なった。この報告書はこれらの調査結果をとりまとめたものである。

ブルドーザについては現場調査ならびに所内実験にもとづいて作業能力に及ぼす各要因（運搬距離、路面勾配、押土量、路面状況）の影響についての検討を行ない、調査の方法についてのべた。また長期調査の結果と短期調査との関連より作業効率 $E$ のとりえ方等についての一私案をのべたものである。

トラクタショベルについては定置試験、走行試験、けん引試験等いわゆるタイプテストについてはJISにより確立されており、また数多くの試験結果がまとめられているが、機械の作業能力を判定するための作業試験については作業対象物である土の状態その他の要因が非常に複雑であつてある限られた条件においてもかなりのばらつきがある。したがつて数多くの試験結果が得られているにもかかわらずはっきりした実態をつかみえていないのが実状である。

41年度当研究室では関東地建管内の一現場で行なつた作業能力調査の資料をもとに前年度の調査建設機械化、研究所の性能試験資料および各地建の調査資料等を比較検討しながら標準サイクルタイム、標準サイクルタイムにもとづく作業量の算出、トラクタショベルの作業効率 $E$ の分析の一手法および作業各動作に及ぼす各種要因の影響等の検討を試みたものである。

模型ブレード試験機はブレードの切削抵抗測定、それにもとづく合理的なブレード形状を検討することを目的とした所内模型実験用で実機ブレード（3t～19t）の $1/4$ の模型が装着実験できる。42年度以降所内実験を行なう予定である。

# 1. ブルドーザの作業能力

## (1) 調査概要

今回の調査は短期調査および長期調査の2つについて行ない、ブルドーザのサイクルタイムに及ぼす各要因の影響についての検討、土工板容量の測定、短期調査と長期調査から作業効率を推定する方法等について検討を行なおうとしたものである。

短期調査は関東地方建設局管内の国道改良工事現場の切土箇所、当所千葉支所管内および建設機械化研究所において、ブルドーザが掘削押土している状況を各動作ごとに分析しながら記録し同時に測定員がブルドーザに乗り込み同じく各動作ごとに燃料消費量を測定した。その他作業量測定として、土工板容量の測定を行なった。短期調査の方法は、実験室内で行なうように各条件を一定に保って測定を行なうことは不可能であるから、ブルドーザの任意の動きを詳細に記録して後刻各条件ごとに分析したものである。

短期調査で要因分析を行なったものはサイクルタイムに最も強く影響を与えると思われる変動要因のみ取り上げた。

すなわちサイクルタイム $\longleftrightarrow$ 運搬距離 $\longleftrightarrow$ 路面状況 $\longleftrightarrow$ 押土量 $\longleftrightarrow$ 路面勾配および燃料消費量 $\longleftrightarrow$ 運搬距離 $\longleftrightarrow$ 路面状況 $\longleftrightarrow$ 押土量 $\longleftrightarrow$ 路面勾配の関係について検討を行なった。

土工板容量の測定は各条件について測定を行ないこれまでに行なった調査との比較検討を行ない土量算定式への取り入れ方法等についての考えをのべた。

長期調査は短期調査を行なった現場の工事施工期間中調査対象機械に回転記録計および燃料消費計をとりつけ、機械の1日の稼働状況、燃料消費量についての調査を行なった。

この長期調査ではその一部を工事施工業者に委託して調査測定を行なった。なお調査は国道改良工事現場が主力となった。

## (2) 調査内容および調査箇所

表-1に今回の報告書にとりまとめた調査の内容および調査箇所を示す。

表-1 調査箇所および調査内容一覧表

| 調査場所         | 関東地方建設局管内<br>(管内)                                                                   | # (那珂川)                     | 土研千葉支所管内                                   | 建設機械化研究所    |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------|-------------|
| 調査時期         | 41年11月4日～<br>42年3月15日                                                               | 41年11月5日～<br>42年1月23日       | 41年11月4日～41年11月5日<br>41年3月15日～41年3月18日     | 41年7月22日    |
| 工事の区分        | 道路新設工事                                                                              | 河川堤防築堤                      | 試験                                         | 性能試験        |
| 調査対象機種       | ブルドーザ 19t                                                                           | ブルドーザ 17t                   | ブルドーザ 16t, 25t                             | ブルドーザ 14t   |
| 調査機種<br>作業工程 | オープンカット掘削押土                                                                         | 押土、撤出し                      | 掘削、押土                                      | 掘削、押土       |
| 調査現場状況       | 勾配 0～15%                                                                            | 平坦                          | 平坦                                         | 平坦          |
| 土質           | レキまじりローム土                                                                           | 砂利まじり砂                      | 関東ローム                                      | ローム土        |
| 土工量          | 90,000m <sup>3</sup>                                                                | 22,100m <sup>3</sup>        | —                                          | —           |
| 施工区分         | 請負                                                                                  | 請負                          | —                                          | —           |
| 調査概要         | 短期<br>サイクルタイム-燃料<br>消費量測定<br>土工板容量測定<br>勾配、その他土質試料<br>採取<br>長期<br>実作業時間率<br>燃料消費量測定 | 短期<br>土工板容量<br>長期<br>実作業時間率 | 短期<br>サイクルタイム-燃料<br>消費量<br>土工板容量<br>土質試料採取 | 短期<br>土工板容量 |

## (3) 測定方法および測定器具

各測定方法および測定器具は表-2に一括して示したが下記に測定方法の概要についてのべる。

尚各測定方法は表-1の調査概要の各測定分類にしたがって採用した。

表-2 測定方法および測定器具一覧表

| 分類   | 測定項目               | 使用計測器                           | 測定方法                                                                                  |
|------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 短期調査 | サイクル<br>タイム        | ペン書きオシログラフ<br>電接時計<br>マイクロスイッチ  | ブルドーザの前進、後進、ギヤーチェンジ等の任意の動きをマイクロスイッチにより電磁記録ペンで各動作ごとの軌跡を記録紙に描かせ分析を行なう。                  |
|      | 燃料消費量              | 燃料消費量計<br>(東京精密測機Ⅱ<br>DG100E)   | 機関の燃料フィルタと噴射ポンプの間に燃料消費量計をとりつけ、測定員がブルドーザに乗り込んでサイクルタイムと同じく各動作ごとに燃料計の目盛を読みとる(10CC単位)     |
|      | 路面勾配               | レベル                             | ブルドーザの走行路面(作業路面)を作業開始前にレベルにて測定して勾配を計る。                                                |
|      | 押土量<br>(土工板容量)     | モノサシ                            | 土工板の押土方向とそれと直角方向について20cm刻みに高さを計測し区分求積法にて体積計算をするサイクルタイム測定のときは目測でa、b、cに分類し記録する。         |
|      | 運搬距離               | 巻尺<br>ボール                       | あらかじめ番号を付したポールを10mごとに立て置き、ブルドーザに乗り込んだ測定員がブルドーザの動きに合せ両端に立った測定員にポール番号を記録させた後に移動距離をよみとる。 |
|      | 走行路面及<br>押土の見掛けの密度 | モールド<br>(容積3,000CC,<br>1,000CC) | 押土は容積3,000CCのモールドを押し込んで測定し地山の場合は容積1,000CCで先端にカッターの付いたモールドを地山に打ち込んで資料をとり測定する。          |
|      | 走行路面及<br>押土の含水量    | JIS A 1203 にもと<br>づく試験用具        | JIS 1203 にもとづく試験方法                                                                    |
| 長期調査 | 稼働時間               | 矢崎計器製レボグラフ<br>(24時間-7日間)        | 記録紙に記録させた指針の跡より稼働時間をよみとる。                                                             |
|      | 燃料消費量              | 矢崎計器製フューエロ<br>メーター(1ℓ単位)        | レボグラフの記録紙に記録させたパルスを計測する。(ℓ/1パルス)                                                      |

- (f) サイクルタイム測定：ブルドーザの動きは作業の条件にしたがつてオペレータに任意にとらせ(10～100m)、その間に10m間隔にポールを立て、移動距離を測定し、電磁式記録ペンにて各動作ごとに時間を分類記録し測定した。各動作の分類は記録紙に各々別に軌跡を描かせ、後刻分析する方法をとった。
- (g) 燃料消費量：精密燃料消費計をとりつけ、測定員がブルドーザに乗り込んで各動作ごとの燃料消費量を測定記録した。
- (h) 路面勾配：運搬路をレベルにて測定し解析の場合は各サイクルの両端の高低差を出して平均勾配とした。
- (i) 掘削押土量(土工板容量)：掘削押土量は測定員の目測で土工板にたまる押土量(押土形状)をa、b、cに分類して記録した。土量aは土工板の上端以上に土が盛り上った場合とし、16～19tブルドーザで約4.5～6.0m<sup>3</sup>、bとは押土の上面が土工板上端より下方に20cmの範囲にはいる程度の押土量で約3～4.5m<sup>3</sup>(16～19tブルドーザ)、cはそれ以下で約3.0m<sup>3</sup>(16～19tブルドーザ)とした。
- 容積の検定は各a、b、cの条件になった状態でブルドーザを停止し、土工板押土方向とその直角方向を水平基準面よりの高さを測定し、区分求積法で体積測定を行なった。
- (j) 路面状況：路面状況は調査現場の状況より表-3のとおり2条件に分類した。なお路面Bでは普通履板(19tブルドーザ)で約10cmくらいの沈下があった。路面状況についての数値化はむずかしいが、分類Bはブルドーザが掘削押土作業に投入される限界に近いと思われる。すなわちこれ以上の軟弱地では普通履板のブルドーザは投入できないし、また押土そのものが土工材料として使用にたえないということである。路面Aとは軟岩のかけらとかローム土等

表-3 路面状況分類表

(笠間改良工事現場)

|                              | 路面状況 A                   | 路面状況 B             |
|------------------------------|--------------------------|--------------------|
| 土 質                          | レキまじりローム土                | ローム土               |
| 運搬路面密度 (t/m <sup>3</sup> )   | 1.84                     | 1.56               |
| 運搬路面含水比 (%)                  | 23.25～23.67              | 59.78～68.73        |
| 押土(ルーズ)密度(t/m <sup>3</sup> ) | 1.27                     | 1.38               |
| 押土(ルーズ)含水比 (%)               | 22.09～59.09              | 67.10～72.20        |
| 観 察 事 項                      | 普通履板(19tブル)のグローサ部が沈下する程度 | 普通履板(16tブル)が10cm沈下 |

がまじり合つて充分ふみかためられた状態であつた。したがつてこの調査での走行路面状況はブルドーザ作業の路面状況についての両端を表わしていると云える。

路面状況の要因の中には土質の要因が重合されていると思われるが、今回の調査は1個所の調査が主力だったので土質分類による比較ができなかつた。なお同一場所でも多少土質の違いがあつたが同じものとして扱つた。

土質、含水比の要因を論ずる場合、路面状況 A、B と土質、含水比の関係は線型重合があると思われるから、路面状況 A、B は土質、含水比の関係からとらえることもできる。

#### (4) 短期調査におけるブルドーザの作業能力の検討

ブルドーザ作業において作業能力に関する因子は、作業能力算定式を

$$Q = \frac{3,600 \times q_m \times f \times E_i}{C_{mm}} \quad (m^3/h_r) \quad (1)$$

ここで  $Q$  : 単位時間当り土工量 ( $m^3/h_r$ )

$q_m$  : 土工板容量 (1 回当りぼくした押土量、 $m^3$ )

$f$  : 土量の変化率

$E_i$  : ブルドーザの作業効率 (ここではサイクルタイム、土工板容量による影響は入っていない、 $E_i$  のとりかたによつて  $Q$  の意味が変わる)

$C_{mm}$  : サイクルタイム (短期調査による  $C_m$ , see)

で表わせば  $q_m$ 、 $f$ 、 $E_i$ 、 $C_{mm}$  の 4 個の因子である。この因子のうち短期間すなわち 1 サイクルについてのみ考えた場合、しかも作業量をぼくした土量そのまま表わせば  $f = 1$ 、 $E_i = 1$  (サイクルタイム及土工板容量に影響するもの以外の作業効率を  $E_i$  とした場合) となり、作業能力に関する因子は  $q_m$ 、 $C_{mm}$  の 2 つとなる。したがつて機械が理想的に稼働した場合に考えられる時間当り作業量の算定式は

$$Q = \frac{q_m \times 3,600}{C_{mm}} \quad (m^3/h_r) \quad (2)$$

で表現されうる。

したがつてわれわれは、この  $q_m$ 、 $C_{mm}$  の因子についてそれらの値が各要因の影響をどのような形で受けているかを推定すると同時にその推定をもとに計算された  $q_m$ 、 $C_{mm}$  によつて、理想的に稼働した場合の  $Q$  と長期調査との関係より作業効率  $E_i$  (6-1 参照) を推定しようとするものである。同時に短期調査による燃料消費量についても調査を行ない、燃料消費量に及ぼす要因の影響を調べ、長期調査の燃料消費状況との関係から同じく作業効率の推定を行なおうとするものである。

ブルドーザの 1 サイクルの掘削押土作業においてサイクルタイム ( $C_{mm}$ ) に及ぼす要因としては (1) 運搬距離、(2) 掘削押土量、(3) 路面勾配、(4) 路面状況 (土の状況)、(5) 土質、(6) 含水比、(7) オペ

レータ能力、(8)機械の種類による機能的なスピード、(9)機械の程度、(10)速度段等が考えられる。しかし(4)~(6)については先にものべたように重合関係が考えられるので、これは1つにまとめて考えることにする。また(7)、(10)も現在のような運転方法(人間が機械に乗り込んで直接機械を運転する場合)では人間の能力に限界があり、オペレータ能力によりおのずから速度段すなわち移動速度は一定値に近づくのではないと思われる。したがってオペレーターは自分の能力に合った状況で運転を行なうので(8)~(10)の要因による移動速度の変化はオペレータ能力の函数と考えられる。

したがって人間工学的な面での機械の改良或いは無人運転など画期的な改造がなされない限り能力の等しいオペレータは長時間運転する場合常に一定のスピード(自分の能力に合った)で仕事を行なうものと考えられる。

したがって以上の要因分析のうちで短期調査では調査場所(作業場所)、機械、オペレータとも同一条件であったから、主変動要因は運搬距離、掘削押土量、路面勾配、路面状況(土の状況)の4条件が考えられる。

今回の調査では1場所での調査が主力であったから上記4要因についてのみ検討する。なお速度段はオペレータの意志で選択させたが、すべて前進2速(仕様値  $3.8 \text{ km/hr}$ )、後進2速(仕様値  $4.8 \text{ km/hr}$ )で作業を行なっている。

土工板容量 $q_m$ については前年度に引き続き路面の平坦な所および勾配のある所で、溝押工の場合および普通押土の場合の各々について、土工板にたまった土量( $C_{mm}$  測定時は目測でa, b, cに分類)を土工板の押土方向とそれと直角方向について20cm刻みに高さを計測し、区分求積法で体積計算を行なった。土工板容量についても土質、含水比、押土状況、勾配、土工板形状等各種の要因によって $q_m$ の値が変化すると思われるが、今年度は実測資料の採集のみにとどめ今後引き続き調査検討する予定である。したがって今年度は測定値そのまゝの値を示す程度にとどめる。

なお土量変化率 $f$ についても独立に各条件について計測し決定できるものと思われる。

#### (4) サイクルタイムに及ぼす主変動要因

サイクルタイムに及ぼす主変動要因として、さきにあげた運搬距離、掘削押土量、路面勾配、路面状況の4要因について、各観測資料(測定値)から、その回帰線の理論模型を線型と仮定して多元回帰直線の推定を行なう。

いま回帰線の型を下記の形とすると

$$X_1 = a_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_5 \quad \text{————— (3)}$$

$X_1$ : ブルドーザの移動時間(前進、後進の場合) (sec)

$X_2$ : ブルドーザの前進の場合の押土量(数値化し  $a=6$ ,  $b=4$ ,  $c=2$  として計算)

$X_3$ : 路面勾配 (%)

$X_4$ : 路面状況 (数値化して  $A=1$ ,  $B=2$  とする)

$X_5$ : ブルドーザの移動距離 (m)

$X_{1F}$ : 前進の場合の移動時間 (sec)

$X_{1R}$ : 後進の場合の移動時間 (sec)

となる。

路面勾配  $X_3$  と  $X_1$  との偏相関係数 ( $X_3$  の  $X_1$  への回帰) には有意性は現われていない。すなわち勾配による影響は現われていない。したがってサイクルタイムについての(3)式から勾配の要因をのぞいて

$$X_1 = a_1 + a_2 X_2 + a_4 X_4 + a_5 X_5 \quad (4)$$

について回帰平面の推定を行なった。すなわち作業能力に及ぼす勾配の影響はサイクルタイムに及ぼすのではなく、土工板容量に現われるものと思われる。

計算結果は

$$X_{1F} = -12.76 + 1.06 X_2 + 8.24 X_4 + 0.959 X_5 \quad (5)$$

$$X_{1R} = -9.38 + 10.61 X_4 + 0.749 X_5 \quad (6)$$

$$\begin{aligned} X_1 &= X_{1F} + X_{1R} \\ &= -22.14 + 1.06 X_2 + 18.85 X_4 + 1.708 X_5 \end{aligned} \quad (7)$$

となった。(7)式より路面状況の影響が相当大きく響いていると思われる。(7)式より各要因間の関係を表わすと、図-1 (路面状況の影響および押土量の影響によるサイクルタイムと運搬距

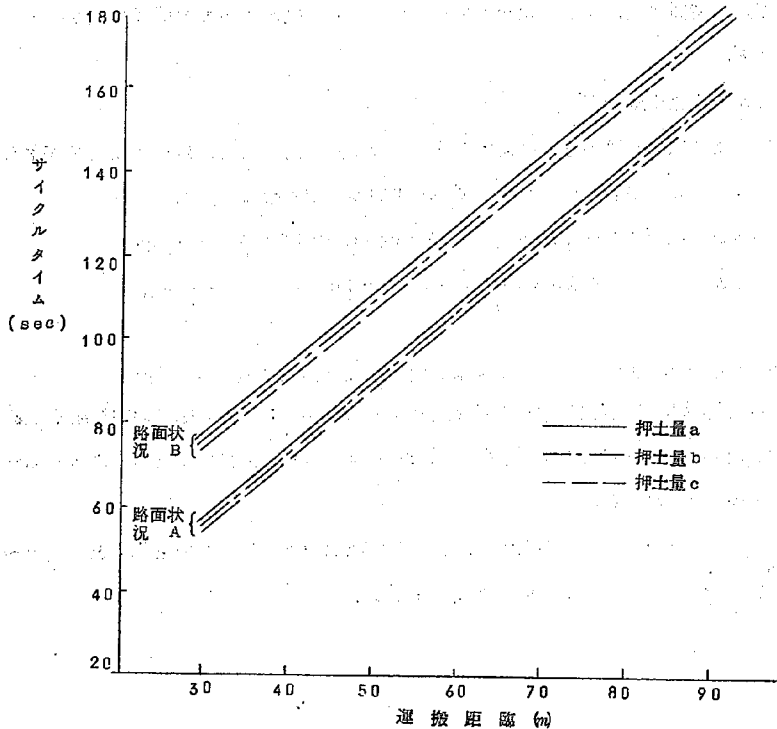


図-1 押土量及路面の影響とサイクルタイム

離の関係)のとおりである。なお図-1には前後進の両端に現われるギヤ入換時間平均4.45 sec(調査測定値の平均)を含んでいる。

次にサイクルタイム測定において、ブルドーザの減加速時間の推定を行なうために、減加速の影響のない区間の10~30mの距離について別に測定し、その間の時間に対する勾配、路面状況、土量の影響について回帰平面の推定を行なった。移動距離10m当りについて計算したが、これらの計算結果は

$$X_1(f_{10}) = 7.52 + 0.36 X_2 + 0.794 X_4 \quad (8)$$

$$X_1(r_{10}) = 4.60 + 2.189 X_4 \quad (9)$$

$$\begin{aligned} X_1(f+r) &= X_1 f_{10} + X_1 r_{10} \\ &= 12.12 + 0.36 X_2 + 2.983 X_4 \quad (10) \end{aligned}$$

$$X_1(f_{10}) = 10\text{m 前進の場合に要する移動時間(sec)}, X_1(r_{10}) : 10\text{m 後進の場合に要する移動時間(sec)}$$

となった。(10)式(10m当りの所要時間)より移動距離60m(サイクルタイム測定時の平均移動距離であり(7)式が最もあてはまると思われる点)についての推定値と、7式より算出したサイクルタイムの推定値との差は $A-a=0\%$ の場合2.0secであつた。(路面状況A、土量a勾配0%のとき)

ギヤ入換時間については作業分析より算出すると $4.5 \pm 0.3\text{sec}$ (信頼係数95%)であつたが、このギヤ入換時間に及ぼす要因はオペレータの能力、機械についての機能的なものゝ2種類が考えられる。

#### (n) 燃料消費量に及ぼす主変動要因

燃料消費量に及ぼす主変動要因としては(イ)と同じく押土量、路面勾配、路面状況、運搬距離が考えられるので、この4要因について同じく回帰平面の推定を行なうと(3)式より

$$X_{0F} = -0.142 + 0.023 X_2 - 0.003 X_3 + 0.086 X_4 + 0.00408 X_5 \quad (11)$$

$$X_{0R} = -0.163 + 0.005 X_3 + 0.105 X_4 + 0.00447 X_5 \quad (12)$$

$$\begin{aligned} X_0 &= X_{0F} + X_{0R} \\ &= -0.305 + 0.023 X_2 + 0.002 X_3 + 0.191 X_4 + 0.00855 X_5 \quad (13) \end{aligned}$$

$$X_0 : \text{燃料消費量}(\ell), X_{0F} : \text{前進の場合の燃料消費量}(\ell), X_{0R} : \text{後進の場合の燃料消費量}(\ell)$$

となり、ここでも路面状況の要因が燃料消費に相当大きな影響を与えていると思われる。図-2、3より各要因の影響がわかる。

なお表-4に掘削押土全区間の各測定値を、表-5に減加速が影響しないと思われる10~30m区間の各測定値(10m当りに直した値)を示す。

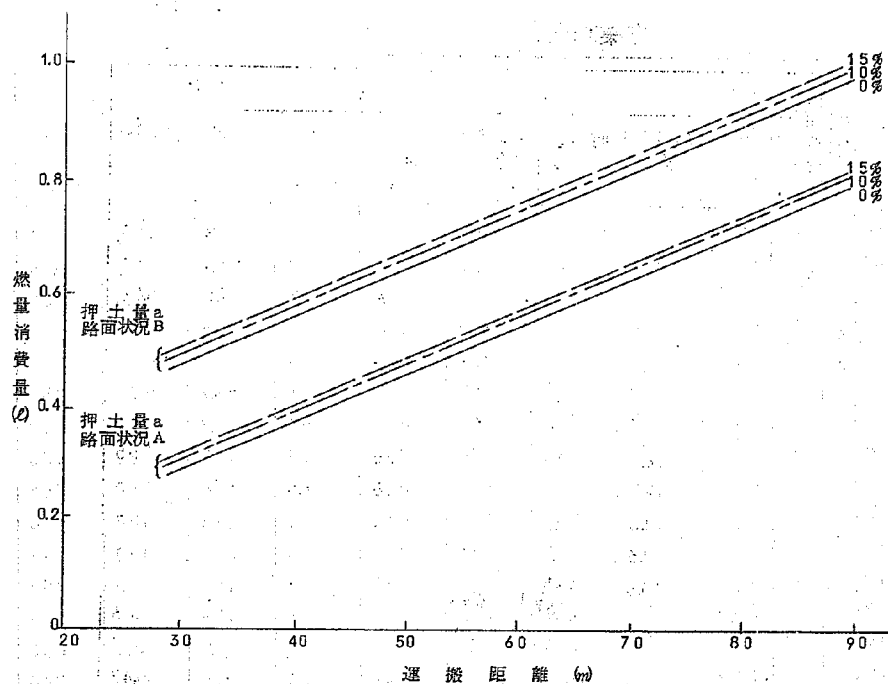


図-2 勾配及路面状況と燃料消費量

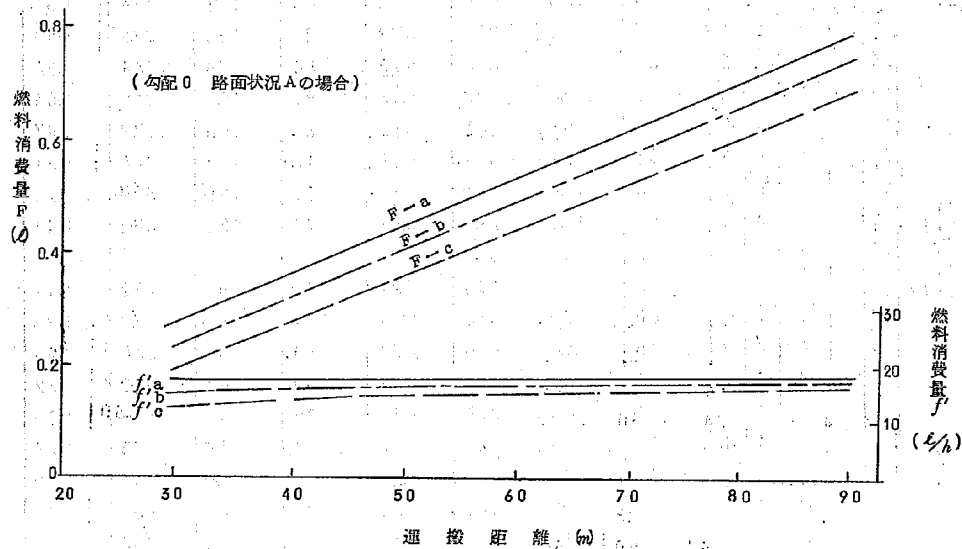


図-3 押土量と燃料消費量

表-4-(1)

## ブルドーザ作業調査表 (全区間)

| 年<br>月 日    | 番<br>号 | オペ<br>レー<br>タ | 速<br>度<br>段<br>( $F_R$ ) | 押<br>土<br>状<br>況<br>( $X_3$ ) | 路面<br>状<br>況<br>( $X_4$ ) | 前 進                         |                         |                               |                                | 後 進                         |                         |                               |                                |
|-------------|--------|---------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
|             |        |               |                          |                               |                           | 距 離<br>( $m$ )<br>( $X_6$ ) | 勾 配<br>(%)<br>( $X_1$ ) | 時 間<br>( $sec$ )<br>( $X_1$ ) | 燃 料<br>( $\ell$ )<br>( $X_9$ ) | 距 離<br>( $m$ )<br>( $X_6$ ) | 勾 配<br>(%)<br>( $X_1$ ) | 時 間<br>( $sec$ )<br>( $X_1$ ) | 燃 料<br>( $\ell$ )<br>( $X_9$ ) |
| 41<br>11.9  | 18     |               | 2                        | 6                             | 1                         | 48                          | 2.6                     | 54.6                          | 0.39                           | 48                          | 2.6                     | 25.8                          | 0.13                           |
|             | 27     |               | 2                        | 6                             | 1                         | 98                          | 9.5                     | 102.9                         | 0.42                           | 94                          | 9.5                     | 57.5                          | 0.34                           |
| 41<br>11.17 | 1      |               | "                        | 6                             | 2                         | 85                          | 17.5                    | 95.6                          | 0.48                           | 96                          | 16.2                    | 87.0                          | 0.58                           |
|             | 3      |               | "                        | 6                             | 1                         | 28                          | 13.4                    | 29.4                          | 0.16                           | —                           | —                       | —                             | —                              |
|             | 5      |               | "                        | 6                             | 1                         | 18                          | 13.2                    | 22.9                          | 0.18                           | —                           | —                       | —                             | —                              |
|             | 6      |               | "                        | 6                             | 2                         | 80                          | 16.7                    | 83.9                          | 0.37                           | 76                          | 16.7                    | 67.6                          | 0.38                           |
|             | 7      |               | "                        | 6                             | 2                         | 83                          | 16.7                    | 91.9                          | 0.50                           | 81                          | 16.7                    | 73.9                          | 0.52                           |
|             | 8      |               | "                        | 6                             | 2                         | 77                          | 16.2                    | 84.6                          | 0.42                           | 95                          | 16.2                    | 82.0                          | 0.55                           |
|             | 9      |               | "                        | 6                             | 2                         | 86                          | 16.2                    | 90.7                          | 0.43                           | 83                          | 16.5                    | 74.8                          | 0.53                           |
|             | 10     |               | "                        | 6                             | 1                         | 11                          | 21.3                    | 10.0                          | 0.10                           | 11                          | 21.3                    | 10.0                          | 0.08                           |
|             | 11     |               | "                        | 6                             | 1                         | 16                          | 21.3                    | 18.3                          | 0.10                           | 13                          | 21.3                    | 12.0                          | 0.12                           |
|             | 12     |               | "                        | 6                             | 2                         | 89                          | 15.6                    | 95.2                          | 0.52                           | 90                          | 15.6                    | 78.5                          | 0.59                           |
|             | 18     |               | "                        | 6                             | 2                         | 90                          | 15.6                    | 93.3                          | 0.49                           | 73                          | 15.6                    | 66.8                          | 0.43                           |
|             | 19     |               | "                        | 6                             | 2                         | 77                          | 15.6                    | 83.7                          | 0.44                           | 95                          | 15.6                    | 89.1                          | 0.60                           |
|             | 20     |               | "                        | 6                             | 2                         | 95                          | 15.6                    | 106.4                         | 0.59                           | 73                          | 14.9                    | 69.0                          | 0.48                           |
|             | 22     |               | "                        | 6                             | 1                         | 21                          | 15.6                    | 22.0                          | 0.10                           | 17                          | 15.6                    | 15.7                          | 0.11                           |
|             | 23     |               | "                        | 6                             | 1                         | 16                          | 15.6                    | 16.3                          | 0.10                           | 13                          | 15.6                    | 12.2                          | 0.09                           |
|             | 27     |               | "                        | 4                             | 2                         | 95                          | 15.6                    | 102.4                         | 0.43                           | 85                          | 15.6                    | 76.6                          | 0.51                           |
|             | 32     |               | "                        | 6                             | 1                         | 19                          | 15.6                    | 21.3                          | 0.08                           | 28                          | 15.6                    | 22.6                          | 0.18                           |
|             | 34     |               | "                        | 6                             | 2                         | 60                          | 15.6                    | 62.0                          | 0.28                           | 34                          | 15.6                    | 33.1                          | 0.22                           |
|             | 36     |               | "                        | 4                             | 2                         | 85                          | 15.6                    | 92.5                          | 0.48                           | 91                          | 15.6                    | 81.9                          | 0.56                           |
|             | 37     |               | "                        | 4                             | 2                         | 95                          | 15.6                    | 90.3                          | 0.43                           | 85                          | 15.6                    | 69.2                          | 0.47                           |
|             | 39     |               | "                        | 6                             | 2                         | 51                          | 15.6                    | 54.2                          | 0.28                           | 47                          | 15.6                    | 44.6                          | 0.31                           |
|             | 40     |               | "                        | 6                             | 2                         | 26                          | 15.6                    | 34.6                          | 0.17                           | 26                          | 15.6                    | 30.9                          | 0.22                           |
| 41<br>11.18 | 5      |               | "                        | 4                             | 2                         | 67                          | 15.6                    | 72.4                          | 0.37                           | 74                          | 15.6                    | 63.2                          | 0.42                           |
|             | 12     |               | "                        | 4                             | 2                         | 77                          | 14.9                    | 84.4                          | 0.38                           | —                           | —                       | —                             | —                              |
| 41<br>11.19 | 1      |               | "                        | 4                             | 1                         | 32                          | 0                       | 43.3                          | 0.27                           | 31                          | 0                       | 29.2                          | 0.11                           |
|             | 2      |               | "                        | 6                             | 1                         | 60                          | 6.9                     | 61.8                          | 0.31                           | 70                          | 6.0                     | 57.9                          | 0.28                           |
|             | 3      |               | "                        | 4                             | 1                         | 65                          | 6.0                     | 67.8                          | 0.34                           | 64                          | 6.0                     | 53.8                          | 0.24                           |
|             | 4      |               | "                        | 4                             | 1                         | 64                          | 6.0                     | 68.1                          | 0.32                           | 58                          | 6.0                     | 46.8                          | 0.22                           |
|             | 6      |               | "                        | 4                             | 1                         | 74                          | 6.0                     | 75.3                          | 0.33                           | 75                          | 6.0                     | 60.4                          | 0.30                           |
|             | 7      |               | "                        | 4                             | 1                         | 77                          | 6.0                     | 77.5                          | 0.34                           | 44                          | 13.7                    | 45.5                          | 0.24                           |
|             | 8      |               | "                        | 4                             | 1                         | 48                          | 13.7                    | 55.5                          | 0.24                           | 67                          | 9.8                     | 54.3                          | 0.29                           |
|             | 9      |               | "                        | 4                             | 1                         | 65                          | 9.8                     | 64.1                          | 0.25                           | 80                          | 6.0                     | 63.7                          | 0.32                           |
|             | 12     |               | "                        | 4                             | 1                         | 53                          | 9.0                     | 38.0                          | 0.18                           | 70                          | 7.5                     | 43.0                          | 0.21                           |
|             | 13     |               | "                        | 6                             | 1                         | 87                          | 9.2                     | 78.9                          | 0.37                           | 78                          | 13.8                    | 58.0                          | 0.33                           |
|             | 14     |               | "                        | 4                             | 1                         | 74                          | 10.0                    | 72.6                          | 0.34                           | 76                          | 10.0                    | 64.0                          | 0.41                           |

表-4-(2)

## ブルドーザ作業調査表 (全区間)

| 年<br>月<br>日 | 番<br>号 | オペ<br>レータ | 速度<br>段 (R) | 押土<br>状況 (X <sub>3</sub> ) | 路面<br>状況 (X <sub>4</sub> ) | 前 進                             |                                 |                                   |                                 | 後 進                             |                                 |                                   |                                 |
|-------------|--------|-----------|-------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
|             |        |           |             |                            |                            | 距 離<br>(m)<br>(X <sub>5</sub> ) | 勾 配<br>(%)<br>(X <sub>2</sub> ) | 時 間<br>(sec)<br>(X <sub>1</sub> ) | 燃 料<br>(ℓ)<br>(X <sub>6</sub> ) | 距 離<br>(m)<br>(X <sub>5</sub> ) | 勾 配<br>(%)<br>(X <sub>2</sub> ) | 時 間<br>(sec)<br>(X <sub>1</sub> ) | 燃 料<br>(ℓ)<br>(X <sub>6</sub> ) |
| 41<br>11.19 | 15     |           | 2           | 4                          | 1                          | 83                              | 8.5                             | 82.3                              | 0.39                            | 98                              | 6.8                             | 78.2                              | 0.45                            |
|             | 16     |           | 2           | 4                          | 1                          | 98                              | 6.8                             | 90.4                              | 0.38                            | 90                              | 7.6                             | 72.4                              | 0.39                            |
|             | 17     |           | "           | 4                          | 1                          | 57                              | 3.9                             | 25.6                              | 0.12                            | 52                              | 4.8                             | 29.6                              | 0.11                            |
|             | 18     |           | "           | 4                          | 1                          | 52                              | 4.3                             | 40.2                              | 0.22                            | 42                              | 5.3                             | 31.1                              | 0.17                            |
|             | 19     |           | "           | 4                          | 1                          | 66                              | 10.7                            | 59.8                              | 0.26                            | 79                              | 8.8                             | 61.3                              | 0.35                            |
|             | 25     |           | "           | 4                          | 1                          | 38                              | 6.1                             | 34.3                              | 0.14                            | 56                              | 4.3                             | 41.4                              | 0.19                            |
|             | 28     |           | "           | 4                          | 1                          | 44                              | 4.9                             | 41.2                              | 0.19                            | 45                              | 4.8                             | 34.9                              | 0.17                            |
|             | 24     |           | "           | 4                          | 1                          | 40                              | 5.4                             | 39.3                              | 0.15                            | 38                              | 5.4                             | 29.2                              | 0.13                            |
|             | 32     |           | "           | 2                          | 1                          | 66                              | 7.5                             | 57.5                              | 0.22                            | 70                              | 6.9                             | 51.2                              | 0.31                            |
|             | 33     |           | "           | 6                          | 1                          | 34                              | 0                               | 32.8                              | 0.20                            | 34                              | 0                               | 25.4                              | 0.12                            |
|             | 34     |           | "           | 4                          | 1                          | 35                              | 0                               | 35.1                              | 0.15                            | 32                              | 0                               | 26.2                              | 0.14                            |
|             | 38     |           | "           | 4                          | 1                          | 27                              | 0                               | 28.8                              | 0.15                            | 28                              | 0                               | 23.2                              | 0.10                            |
|             | 42     |           | "           | 2                          | 1                          | 81                              | 8.8                             | 75.2                              | 0.28                            | 76                              | 9.3                             | 59.3                              | 0.35                            |
|             | 43     |           | "           | 2                          | 1                          | 38                              | 2.1                             | 35.4                              | 0.15                            | 37                              | 2.1                             | 28.2                              | 0.13                            |
|             | 44     |           | "           | 2                          | 1                          | 40                              | 2.1                             | 38.2                              | 0.16                            | 22                              | 2.7                             | 23.5                              | 0.12                            |
| 41<br>11.17 | 47     |           | "           | 6                          | 1                          | 47                              | 2.1                             | 40.2                              | 0.26                            | 37                              | 2.7                             | 23.1                              | 0.10                            |
|             | 50     |           | "           | 4                          | 2                          | 83                              | 15.6                            | 91.9                              | 0.50                            | 81                              | 15.6                            | 73.9                              | 0.52                            |
|             | 21     |           | "           | 6                          | 2                          | 73                              | 15.6                            | 83.5                              | 0.50                            | 96                              | 15.6                            | 85.9                              | 0.58                            |

表-5-(1)

## ブルドーザ作業調査表 (10 m 区間)

| 年<br>月<br>日 | 番<br>号 | オペ<br>レー<br>タ | 速<br>度<br>段<br>(F/R) | 押<br>土<br>状<br>況<br>(X <sub>0</sub> ) | 路<br>面<br>状<br>況<br>(X <sub>1</sub> ) | 前 進        |                                 |                                   |                                    | 後 進        |                                 |                                   |                                    |
|-------------|--------|---------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
|             |        |               |                      |                                       |                                       | 距 離<br>(m) | 勾 配<br>(%)<br>(X <sub>0</sub> ) | 時 間<br>(sec)<br>(X <sub>1</sub> ) | 燃 料<br>(G.C.)<br>(X <sub>0</sub> ) | 距 離<br>(m) | 勾 配<br>(%)<br>(X <sub>0</sub> ) | 時 間<br>(sec)<br>(X <sub>1</sub> ) | 燃 料<br>(G.C.)<br>(X <sub>0</sub> ) |
| 41<br>11.9  | 14     |               | 2                    | 6                                     | 1                                     | 10         | 14.5                            | 9.7                               | 5.8                                | 10         | 14.5                            | 5.5                               | 4.4                                |
|             | 14     |               | "                    | 6                                     | 1                                     | "          | 10.6                            | 9.8                               | 6.0                                | "          | 10.6                            | 5.8                               | 3.0                                |
|             | 16     |               | "                    | 6                                     | 1                                     | "          | 5.8                             | 11.1                              | 7.0                                | "          | —                               | —                                 | —                                  |
|             | 17     |               | "                    | 6                                     | 1                                     | "          | 2.5                             | 11.5                              | 7.0                                | "          | —                               | —                                 | —                                  |
|             | 18     |               | "                    | 6                                     | 1                                     | "          | 2.0                             | 11.6                              | 7.5                                | "          | —                               | —                                 | —                                  |
|             | 19     |               | "                    | 6                                     | 1                                     | "          | 5.0                             | 9.5                               | 8.0                                | "          | 15.0                            | 5.4                               | 4.5                                |
|             | 19     |               | "                    | 6                                     | 1                                     | "          | 13.3                            | 9.8                               | 5.3                                | "          | 10.0                            | 5.2                               | 3.3                                |
|             | 19     |               | "                    | 6                                     | 1                                     | "          | 8.3                             | 9.9                               | 6.0                                | "          | —                               | —                                 | —                                  |
|             | 21     |               | "                    | 6                                     | 1                                     | "          | 6.0                             | 12.0                              | 5.6                                | "          | —                               | —                                 | —                                  |
|             | 23     |               | "                    | 6                                     | 1                                     | "          | 6.7                             | 11.0                              | 5.0                                | "          | —                               | —                                 | —                                  |
|             | 23     |               | "                    | 6                                     | 1                                     | "          | 10.0                            | 10.8                              | 4.8                                | "          | —                               | —                                 | —                                  |
|             | 24     |               | "                    | 6                                     | 1                                     | "          | 8.0                             | 10.5                              | 4.0                                | "          | —                               | —                                 | —                                  |
|             | 24     |               | "                    | 4                                     | 1                                     | "          | 6.7                             | 10.0                              | 4.0                                | "          | —                               | —                                 | —                                  |
|             | 25     |               | "                    | 6                                     | 1                                     | "          | 4.0                             | 11.8                              | 5.2                                | "          | —                               | —                                 | —                                  |
|             | 26     |               | "                    | 6                                     | 1                                     | "          | 4.0                             | 12.0                              | 6.0                                | "          | 11.7                            | 6.1                               | 4.0                                |
|             | 26     |               | "                    | 6                                     | 1                                     | "          | 11.7                            | 11.1                              | 4.5                                | "          | 5.8                             | 6.1                               | 2.7                                |
|             | 32     |               | "                    | 6                                     | 1                                     | "          | 7.5                             | 10.2                              | 5.5                                | "          | 13.3                            | 5.4                               | 4.2                                |
|             | 32     |               | "                    | 6                                     | 1                                     | "          | 16.7                            | 10.6                              | 5.0                                | "          | —                               | —                                 | —                                  |
|             | 32     |               | "                    | 6                                     | 1                                     | "          | 10.0                            | 10.4                              | 6.0                                | "          | —                               | —                                 | —                                  |
|             | 33     |               | "                    | 6                                     | 1                                     | "          | 10.0                            | 10.5                              | 5.2                                | "          | 13.3                            | 5.7                               | 4.0                                |
|             | 37     |               | "                    | 6                                     | 2                                     | "          | 15.0                            | 10.7                              | 5.5                                | "          | 15.0                            | 9.1                               | 5.5                                |
|             | 37     |               | "                    | 6                                     | 2                                     | "          | 12.5                            | 10.3                              | 6.0                                | "          | —                               | —                                 | —                                  |
|             | 6      |               | "                    | 4                                     | 2                                     | "          | 12.2                            | 11.0                              | 6.0                                | "          | —                               | —                                 | —                                  |
|             | 6      |               | "                    | 4                                     | 2                                     | "          | 15.0                            | 10.2                              | 5.0                                | "          | —                               | —                                 | —                                  |
|             | 7      |               | "                    | 4                                     | 2                                     | "          | 15.0                            | 10.2                              | 5.0                                | "          | 15.0                            | 9.0                               | 6.0                                |
|             | 9      |               | "                    | 4                                     | 2                                     | "          | 15.0                            | 10.8                              | 6.0                                | "          | 15.0                            | 9.2                               | 6.5                                |
|             | 9      |               | "                    |                                       | 2                                     | "          | —                               | —                                 | —                                  | "          | 12.5                            | 8.8                               | 5.5                                |
|             | 17     |               | "                    | 4                                     | 2                                     | "          | 15.0                            | 11.1                              | 6.5                                | "          | 15.0                            | 8.1                               | 6.5                                |
|             | 17     |               | "                    | 6                                     | 2                                     | "          | 12.5                            | 10.8                              | 6.0                                | "          | 12.5                            | 8.6                               | 5.5                                |
|             | 18     |               | "                    | 6                                     | 2                                     | "          | 12.5                            | 10.6                              | 6.5                                | "          | 12.5                            | 8.2                               | 5.5                                |
|             | 18     |               | "                    | 6                                     | 2                                     | "          | 15.0                            | 10.8                              | 7.0                                | "          | 15.0                            | 8.6                               | 6.5                                |
|             | 22     |               | "                    | 4                                     | 2                                     | "          | 15.5                            | 11.2                              | 7.0                                | "          | 12.5                            | 8.7                               | 5.5                                |
|             | 22     |               | "                    |                                       | 2                                     | "          | —                               | —                                 | —                                  | "          | 15.0                            | 8.6                               | 6.0                                |
|             | 23     |               | "                    | 6                                     | 2                                     | "          | 15.0                            | 10.6                              | 6.5                                | "          | —                               | —                                 | —                                  |
|             | 24     |               | "                    | 6                                     | 2                                     | "          | 15.0                            | 10.5                              | 6.5                                | "          | —                               | —                                 | —                                  |
|             | 24     |               | "                    | 6                                     | 2                                     | "          | 12.5                            | 11.0                              | 7.5                                | "          | —                               | —                                 | —                                  |
|             | 25     |               | "                    | 6                                     | 2                                     | "          | 15.0                            | 10.6                              | 6.8                                | "          | 16.0                            | 8.6                               | 7.0                                |

表-5-(2)

ブルドーザ作業調査表(10m区間)

| 年<br>月 日                   | 番<br>号 | オペ<br>レー<br>タ | 速度<br>段<br>( $X_R$ ) | 押<br>土<br>状<br>況<br>( $X_2$ ) | 路面<br>状<br>況<br>( $X_4$ ) | 前 進            |                         |                           |                            | 後 進            |                         |                           |                            |
|----------------------------|--------|---------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------|
|                            |        |               |                      |                               |                           | 距 離<br>( $m$ ) | 勾 配<br>(%)<br>( $X_3$ ) | 時 間<br>(sec)<br>( $X_1$ ) | 燃 料<br>(C.C.)<br>( $X_5$ ) | 距 離<br>( $m$ ) | 勾 配<br>(%)<br>( $X_3$ ) | 時 間<br>(sec)<br>( $X_1$ ) | 燃 料<br>(C.C.)<br>( $X_5$ ) |
| 41<br>11.17<br>41<br>11.19 | 26     |               | 2                    |                               | 2                         | 10             | -                       | -                         | -                          | 10             | 15.0                    | 10.4                      | 9.0                        |
|                            | 26     |               | 2                    |                               | 2                         | "              | -                       | -                         | -                          | "              | 13.0                    | 8.9                       | 6.0                        |
|                            | 28     |               | 6                    | 2                             | "                         | "              | 12.5                    | 10.6                      | 6.0                        | "              | -                       | -                         | -                          |
|                            | 37     |               | 4                    | 2                             | "                         | "              | 15.0                    | 12.5                      | 7.0                        | "              | -                       | -                         | -                          |
|                            | 2      |               | 6                    | 1                             | "                         | "              | 7.3                     | 12.1                      | 7.0                        | "              | 7.3                     | 6.9                       | 3.0                        |
|                            | 3      |               | 4                    | 1                             | "                         | "              | 7.3                     | 10.9                      | 6.0                        | "              | -                       | -                         | -                          |
|                            | 4      |               | 6                    | 1                             | "                         | "              | 7.3                     | 10.4                      | 6.0                        | "              | -                       | -                         | -                          |
|                            | 5      |               | 6                    | 1                             | "                         | "              | 11.3                    | 11.3                      | 8.0                        | "              | 10.6                    | 7.5                       | 4.0                        |
|                            | 5      |               | 6                    | 1                             | "                         | "              | 10.6                    | 11.1                      | 6.5                        | "              | -                       | -                         | -                          |
|                            | 6      |               | 4                    | 1                             | "                         | "              | 7.3                     | 10.5                      | 7.0                        | "              | 7.3                     | 8.2                       | 4.0                        |
|                            | 7      |               | 4                    | 1                             | "                         | "              | 0                       | 10.0                      | 5.5                        | "              | -                       | -                         | -                          |
|                            | 8      |               | 4                    | 1                             | "                         | "              | 10.6                    | 10.3                      | 5.5                        | "              | 17.5                    | 8.3                       | 4.5                        |
|                            | 9      |               | 4                    | 1                             | "                         | "              | 0                       | 9.9                       | 5.0                        | "              | 0                       | 7.7                       | 2.7                        |
|                            | 10     |               | 4                    | 1                             | "                         | "              | 0                       | 10.2                      | 5.5                        | "              | -                       | -                         | -                          |
|                            | 15     |               | 4                    | 1                             | "                         | "              | 3.8                     | 9.7                       | 6.0                        | "              | -                       | -                         | -                          |
|                            | 16     |               | 4                    | 1                             | "                         | "              | 0                       | 9.8                       | 5.0                        | "              | 0                       | 7.6                       | 2.5                        |
|                            | 19     |               | 4                    | 1                             | "                         | "              | 10.6                    | 9.0                       | 4.5                        | "              | 3.8                     | 7.0                       | 3.0                        |
|                            | 20     |               | 4                    | 1                             | "                         | "              | 0                       | 9.1                       | 5.0                        | "              | -                       | -                         | -                          |
|                            | 21     |               |                      | 1                             |                           |                | -                       | -                         | -                          | "              | 3.8                     | 6.5                       | 4.0                        |
|                            | 26     |               | 4                    | 1                             | "                         | "              | 10.6                    | 9.0                       | 6.0                        | "              | -                       | -                         | -                          |
|                            | 27     |               | 4                    | 1                             | "                         | "              | 10.6                    | 9.3                       | 3.0                        | "              | 2.4                     | 7.0                       | 3.3                        |
|                            | 27     |               |                      | 1                             |                           |                | -                       | -                         | -                          | "              | 17.0                    | 8.1                       | 6.0                        |
|                            | 28     |               | 4                    | 1                             | "                         | "              | 3.8                     | 8.2                       | 4.0                        | "              | -                       | -                         | -                          |
|                            | 30     |               | 4                    | 1                             | "                         | "              | 10.6                    | 8.7                       | 3.5                        | "              | 10.6                    | 7.0                       | 4.0                        |
|                            | 31     |               |                      | 1                             |                           |                | -                       | -                         | -                          | "              | 13.3                    | 7.5                       | 4.7                        |
|                            | 36     |               | 4                    | 1                             | "                         | "              | 10.6                    | 9.7                       | 4.5                        | "              | -                       | -                         | -                          |
|                            | 37     |               | 6                    | 1                             | "                         | "              | 17.5                    | 9.0                       | 3.5                        | "              | -                       | -                         | -                          |
|                            | 39     |               | 6                    | 1                             | "                         | "              | 0                       | 9.7                       | 6.5                        | "              | -                       | -                         | -                          |
|                            | 42     |               | 4                    | 1                             | "                         | "              | 3.8                     | 9.6                       | 5.0                        | "              | -                       | -                         | -                          |
|                            | 46     |               |                      | 1                             |                           |                | -                       | -                         | -                          | "              | 10.6                    | 7.8                       | 4.0                        |

## (4) 負荷率

ブルドーザの掘削押土作業における前進、後進等各動作ごとの燃料消費量について測定し、  
機関負荷率について検討を行なった。

いま作業時最大出力においての時間、出力当りの燃料消費量を $g$ 、それより計算した時間当り燃料消費量を $G$ とすると、ある負荷により仕事に費やされる燃料消費量 $G'$ とすれば $G'/G = \eta_L$ とする。これは負荷の程度を示す指標として用いることができ負荷率となす。各条件の $\eta_L$ を算出してみる。したがって機械が常に100%負荷の状態の仕事をするれば $G'$ は $G$ に等しくなる。

いま(1)-(4)において求めた回帰平面の式よりギヤ入換を除く平均サイクルタイムと燃料消費量より単位時間当り燃料消費量を計算すれば、その値より平均的な負荷率が推定できる。さらにギヤ入換時間を加えたものについて検討すれば短期間における負荷率の平均値が推定できることになる。これより負荷の様子も推定できると思われる。

したがってこれより同じ調査現場で短期調査の場合と同じような作業を長期間行なったときの負荷率 $\eta_L$ と短期調査による負荷率 $\eta_{LS}$ との比較から、燃料消費の面よりみた作業効率 $E$ の推定も可能となる。

表一6に各動作についての負荷率、1サイクルについての負荷率、短期調査についての負荷率等について示した。

表 - 6

負 荷 率 推 定 表

| 測定場所                     | 機械名<br>規 格    | 機<br>関<br>出<br>力<br>(PS) | 最大燃料消費<br>量(作業時最<br>大出力時)<br>$l/h$ | 作 業 条 件<br>勾配—路面状況—押土量<br>$(\%) - (\frac{A}{B}) - (\frac{a}{b})$ | 速<br>度<br>段<br>$\frac{F}{R}$ | 前後進動作別燃費及負荷率     |                 |                  |                 | 1サイクル(ギ<br>ヤチェンジ時間<br>除く)燃費及負<br>荷率 |                 | 1サイクル燃費<br>及負荷率(ギヤチ<br>ェンジ時間含む)<br>$\downarrow LS$ |                 |
|--------------------------|---------------|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------|-----------------|
|                          |               |                          |                                    |                                                                  |                              | 前 進              |                 | 後 進              |                 |                                     |                 |                                                    |                 |
|                          |               |                          |                                    |                                                                  |                              | 燃 費<br>( $l/h$ ) | 負荷率<br>( $\%$ ) | 燃 費<br>( $l/h$ ) | 負荷率<br>( $\%$ ) | 燃 費<br>( $l/h$ )                    | 負荷率<br>( $\%$ ) | 燃 費<br>( $l/h$ )                                   | 負荷率<br>( $\%$ ) |
| 常陸工事<br>(笠間<br>改良<br>工事) | アングル<br>19t   | 140/150                  | 3257<br>(1909/PS.h)                | 0 — A — a                                                        | $\frac{2}{2}$                | 19.8             | 60.8            | 16.4             | 50.3            | 18.3                                | 56.2            | 17.6                                               | 54.0            |
|                          |               |                          |                                    | 0 — B — a                                                        | "                            | 22.0             | 67.5            | 20.0             | 61.4            | 21.1                                | 64.8            | 20.3                                               | 62.3            |
|                          |               |                          |                                    | 0 — A — b                                                        | "                            | 17.7             | 54.3            | 16.4             | 50.3            | 17.1                                | 52.5            | 16.4                                               | 50.4            |
|                          |               |                          |                                    | 0 — B — b                                                        | "                            | 20.2             | 62.0            | 20.0             | 61.4            | 20.1                                | 61.7            | 19.4                                               | 59.6            |
|                          |               |                          |                                    | 10 — A — a                                                       | "                            | 18.0             | 55.3            | 20.3             | 62.3            | 19.0                                | 58.3            | 18.2                                               | 55.9            |
|                          |               |                          |                                    | 10 — B — b                                                       | "                            | 20.4             | 62.6            | 23.1             | 70.9            | 21.6                                | 66.3            | 20.9                                               | 64.2            |
|                          |               |                          |                                    | 15 — A — a                                                       | "                            | 17.1             | 52.5            | 22.2             | 68.2            | 19.3                                | 59.3            | 18.6                                               | 57.1            |
|                          |               |                          |                                    | 15 — B — a                                                       | "                            | 19.6             | 60.2            | 24.7             | 75.8            | 21.9                                | 67.2            | 21.2                                               | 65.1            |
|                          |               |                          |                                    | 15 — B — b                                                       | "                            | 17.7             | 54.3            | 24.7             | 75.8            | 21.0                                | 64.5            | 20.2                                               | 62.0            |
| 千葉支所                     | アングル<br>16t   | 120/60                   | 2823<br>(1909/PS.h)                | 0 — A —                                                          | $\frac{2}{3}$                | 19.8             | 71.8            | 14.1             | 49.9            | 17.8                                | 63.1            | 16.5                                               | 58.4            |
| "                        | ストレート<br>2.5t | 25/28                    | 672<br>(2209/PS.h)                 | 0 — A — a                                                        | $\frac{1}{1}$                | 4.3              | 64.0            | 3.3              | 49.3            | 3.9                                 | 58.0            | 3.7                                                | 55.1            |

表 7 土工板容量測定表

| 調査<br>年月日     | 調査箇所          | 調査機<br>機種格    | 土工板寸法<br>(巾×高)<br>mm×mm | 作業種別<br>工 種 | 土 質           | 掘削押土路面状況<br>見掛けの硬さ | 掘削押土路面状況<br>含水比 | 土工板押土状況<br>見掛けの硬さ | 土工板押土状況<br>含水比    | 土工板容量<br>容 量 | 容量<br>分 類 | 備 考               |
|---------------|---------------|---------------|-------------------------|-------------|---------------|--------------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------|-----------|-------------------|
| 41.4<br>11.4  | 土研<br>千葉支所内   | アングル<br>1.6t  | 3840×960                | 試 験         | 関東ローム         | 1.504              | 55.95<br>82.51  | 1.110             | 5.777<br>~6.421   | 2.85         | c         |                   |
| 41.4<br>11.5  | "             | "             | "                       | "           | "             | —                  | —               | 1.050             | 4.662<br>~5.098   | 3.08         | b         |                   |
| "             | "             | "             | "                       | "           | "             | —                  | —               | 1.070             | 4.535<br>~5.842   | 3.38         | b         |                   |
| "             | "             | "             | "                       | "           | "             | —                  | —               | 1.080             | 4.811<br>~5.238   | 2.72         | c         |                   |
| 41.9<br>11.10 | 常陸工事<br>笠間地区  | アングル<br>1.6t  | 3900×1050<br>(3750)     | 切 上         | レキまじり<br>ローム土 | 1.810              | 14.92<br>~19.18 | 1.340             | 2.209<br>~2.912   | 4.707        | a         |                   |
| "             | "             | "             | "                       | "           | "             | —                  | —               | 1.200             | 3.380<br>~5.909   | 3.67         | b         |                   |
| "             | "             | "             | "                       | "           | 押 土           | —                  | —               | 1.270             | 3.380<br>~5.406   | 2.67         | c         | 植林地 梅押<br>(18.3%) |
| "             | "             | "             | "                       | "           | "             | —                  | —               | 1.310             | 2.558<br>~2.771   | 3.06         | b         |                   |
| 41.12.24      | "             | "             | "                       | 掘削押土        | ローム土          | 1.320              | 82.80<br>12.870 | 1.030             | 9.820<br>~13.580  | 5.91         | a         |                   |
| "             | "             | "             | "                       | "           | 砂まじり<br>ローム土  | "                  | "               | 0.970             | 9.220<br>~12.120  | 4.55         | a         |                   |
| "             | "             | "             | "                       | "           | 破 ローム土        | "                  | "               | 0.886             | 13.690<br>~15.760 | 4.72         | a         |                   |
| 42.1.25       | 常陸工事<br>那珂川地区 | アングル<br>1.7t  | 3880×1037               | 河川築堤<br>掘削  | 砂利まじり砂        | —                  | —               | 1.550             | 3.761<br>~5.169   | 3.81         | b         |                   |
| 41.7.22       | 吉 原           | アングル<br>1.4t  | 3960×930                | 試 験         | 関東ローム         | —                  | —               | 1.200             | 3.504             | 4.82         | a         |                   |
| "             | "             | "             | "                       | "           | 掘削、最大<br>押土容量 | —                  | —               | 1.240             | 3.758             | 3.37         | b         |                   |
| "             | "             | "             | "                       | "           | 押土<br>(普通)    | —                  | —               | 1.270             | 3.868             | 3.74         | b         |                   |
| 42.3.16       | 土研<br>千葉支所内   | ストレート<br>2.5t | 1,698×570               | "           | 関東ローム         | 1.520              | 51.01<br>~7.170 | 1.100             | 5.606<br>~6.239   | 0.51         | a         |                   |
| 42.3.17       | "             | "             | "                       | "           | "             | 1.490              | 59.41<br>~7.918 | 1.020             | 7.151<br>~7.392   | 0.27         | b         |                   |

注) 押土とはブルドーザーで掘削押土して液状になったから、ある一定区間押した状態  
掘削押土とは掘削押土して液状になり、さらに一定区間少しづつ掘削補給しながら押した状態。

これら実測した土量について土質別、押土状況、運搬距離、路面勾配等影響を与えらると思われ、各要因について検討する必要があるが、資料が少く今後さらに調査を行い検討していきたい。

さらに当研究室ではブレード試験機による模型実験を計画しているので、この面からも土工板容量について検討を行なう予定である。

#### (6) 長期調査におけるブルドーザの作業能力の検討

##### (i) 実作業時間率

ブルドーザの作業中の機関回転速度および作業状況の記録ができる回転記録計および燃料消費計(1ℓ単位)をとりつけ、長期間の作業状況および燃料使用状況を調査し実作業時間率について検討した。

また短期調査資料との比較検討により作業効率の一部についても推定できる。表-8, 9に測定結果を示す。

表 - 8 実作業時間率測定表

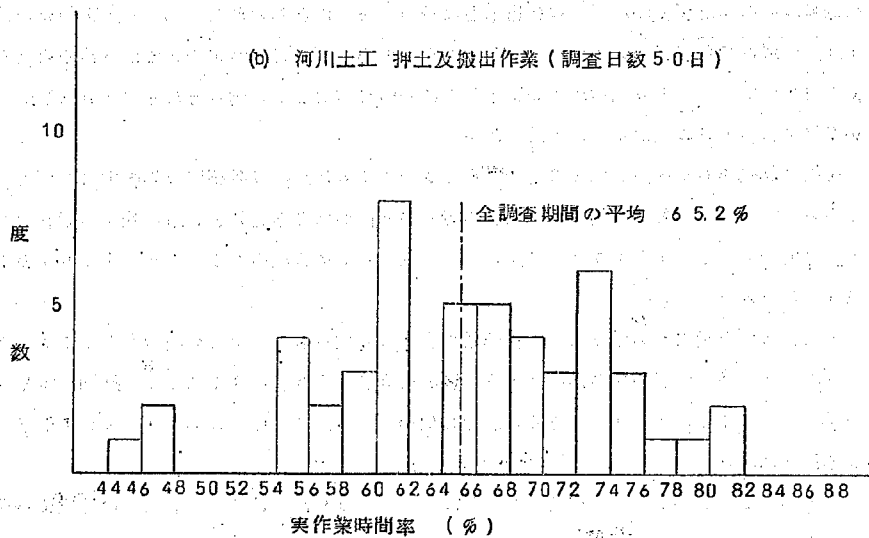
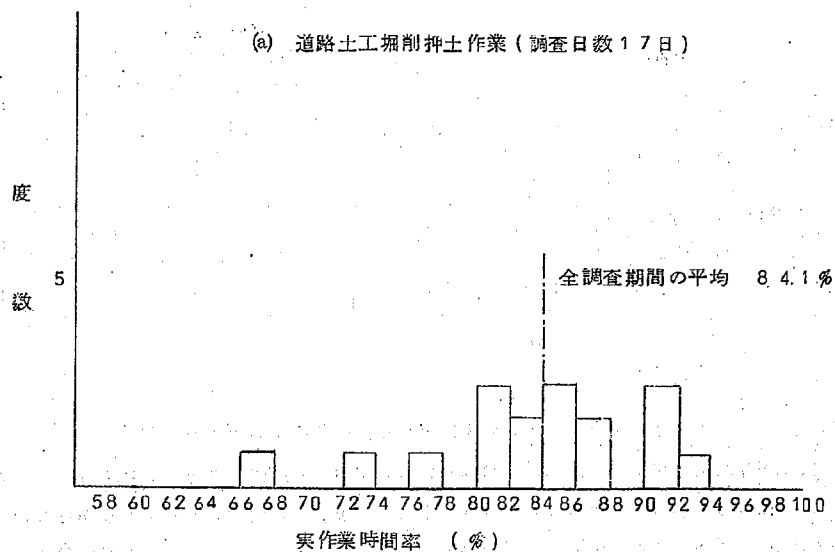
| 測定場所           | 機械名、規格  | 機関作業時<br>最大出力<br>(PS) | 工事種別 | 場 所   | 土工量<br>m <sup>3</sup> /台一日 | 同機維持<br>込台数 | 資料数 |
|----------------|---------|-----------------------|------|-------|----------------------------|-------------|-----|
| 関東地建<br>常陸工事管内 | アングル19t | 150                   | 道路土工 | 山 間   | 6,000                      | 5           | 17  |
| "              | アングル17t | 140                   | 河川土工 | 平地(畑) | 2,500                      | 1           | 51  |
| " *            | "       | 140                   | 道路土工 | 山 間   | 5,000                      | 2           | 16  |
| " *            | アングル16t | 120                   | 河川土工 | 平地(畑) | 12,000                     | 2           | 44  |

| 作 業 時 間         |                | 実作業時間<br>率(%) | 燃料使用量<br>(ℓ) | 月平均運転時間<br>(h/日) |
|-----------------|----------------|---------------|--------------|------------------|
| 機関運転<br>(h-min) | 実作業<br>(h-min) |               |              |                  |
| 112-59          | 94-58          | 84.1          | 73.3ℓ/h      | 6.6              |
| 293-07          | 191-01         | 65.2          | —            | 5.7              |
| 106-33          | 91-46          | 86.2          | —            | 6.7              |
| 294-55          | 277-10         | 93.9          | —            | 6.7              |

注) \* 40年度調査分

表-9 実作業時間率測定表

| 年月日             | 機関運転<br>時間<br>(h-min) | 実作業時<br>間<br>(h-min) | 実作業時<br>間率<br>(%) | 備 考              | 年月日    | 機関運転<br>時間<br>(h-min) | 実作業時<br>間<br>(h-min) | 実作業時<br>間率<br>(%) | 備 考 |
|-----------------|-----------------------|----------------------|-------------------|------------------|--------|-----------------------|----------------------|-------------------|-----|
| (道路土工、掘削押土作業)   |                       |                      |                   |                  | 3      | 7-15                  | 4-03                 | 55.9              |     |
| 41 11-5         | 7-30                  | 7-00                 | 93.3              | 19tフル<br>(燃料消費量) | 4      | 7-18                  | 4-37                 | 63.2              |     |
| 6               | 5-12                  | 4-42                 | 90.4              | (147)            | 6      | 5-26                  | 3-18                 | 60.7              |     |
| 8               | 4-00                  | 3-20                 | 83.3              | (74)             | 8      | 6-23                  | 3-45                 | 58.7              |     |
| 9               | 5-22                  | 4-24                 | 82.0              | (88)             | 9      | 6-08                  | 3-46                 | 61.4              |     |
| 19              | 5-12                  | 4-42                 | 90.4              | (102)            | 10     | 6-55                  | 3-48                 | 54.9              |     |
| 20              | 7-30                  | 6-04                 | 67.6              | (91)             | 12     | 5-10                  | 2-56                 | 56.8              |     |
| 21              | 7-52                  | 6-22                 | 80.9              | (101)            | 13     | 6-29                  | 3-32                 | 54.5              |     |
| 22              | 6-32                  | 5-40                 | 86.7              | (95)             | 14     | 5-35                  | 3-21                 | 60.0              |     |
| 23              | 5-08                  | 2-24                 | 76.6              | (48)             | 15     | 6-53                  | 4-49                 | 81.9              |     |
| 24              | 6-15                  | 5-40                 | 90.7              | (107)            | 16     | 6-48                  | 4-57                 | 72.8              |     |
| 11月計            | 58-33                 | 50-18                | 85.9              | (965)            | 17     | 7-23                  | 5-18                 | 71.9              |     |
| 41 12-1         | 3-20                  | 2-49                 | 84.5              | (41)             | 18     | 5-44                  | 3-46                 | 65.7              |     |
| 2               | 7-17                  | 6-08                 | 84.2              | (96)             | 19     | 7-13                  | 4-43                 | 65.4              |     |
| 3               | 6-00                  | 4-54                 | 81.7              | (90)             | 24     | 7-13                  | 4-38                 | 64.2              |     |
| 4               | 11-33                 | 8-21                 | 72.3              | (141)            | 25     | 7-10                  | 4-25                 | 61.6              |     |
| 5               | 11-22                 | 9-41                 | 85.2              | (175)            | 26     | 3-15                  | 2-17                 | 70.3              |     |
| 6               | 10-56                 | 9-32                 | 87.2              | (174)            | 27     | 2-36                  | 2-02                 | 78.2              |     |
| 7               | 3-58                  | 3-15                 | 81.9              | (52)             | 28     | 7-08                  | 4-58                 | 69.6              |     |
| 12月計            | 54-26                 | 44-40                | 82.1              | (769)            | 29     | 4-31                  | 2-09                 | 47.6              |     |
| 全調査期間           | 112-59                | 94-58                | 84.1              | (1,734)          | 12月計   | 125-43                | 78-33                | 62.5              |     |
| (河川土工、押土及搬出し作業) |                       |                      |                   |                  | 42 1-5 | 6-08                  | 4-09                 | 67.7              |     |
| 41 11-14        | 4-28                  | 2-35                 | 57.8              | 17tフル            | 6      | 7-09                  | 5-13                 | 73.0              |     |
| 15              | 5-30                  | 3-45                 | 68.2              |                  | 7      | 6-48                  | 4-35                 | 67.4              |     |
| 16              | 5-28                  | 4-11                 | 76.5              |                  | 8      | 7-31                  | 5-26                 | 72.3              |     |
| 17              | 6-40                  | 4-28                 | 67.0              |                  | 9      | 7-11                  | 4-45                 | 66.1              |     |
| 18              | 6-50                  | 4-40                 | 68.3              |                  | 11     | 3-45                  | 1-45                 | 46.7              |     |
| 19              | 5-30                  | 4-05                 | 74.2              |                  | 12     | 5-46                  | 3-22                 | 58.4              |     |
| 20              | 5-15                  | 3-51                 | 73.3              |                  | 14     | 7-30                  | 4-32                 | 60.4              |     |
| 21              | 5-50                  | 4-11                 | 71.7              |                  | 15     | 4-52                  | 2-58                 | 61.0              |     |
| 22              | 4-33                  | 2-45                 | 60.4              |                  | 16     | 6-03                  | 4-22                 | 72.2              |     |
| 24              | 3-10                  | 2-07                 | 66.8              |                  | 17     | 7-08                  | 4-53                 | 68.5              |     |
| 25              | 3-35                  | 1-57                 | 54.4              |                  | 18     | 6-51                  | 4-16                 | 73.0              |     |
| 27              | 5-19                  | 4-01                 | 75.5              |                  | 19     | 5-28                  | 3-30                 | 64.0              |     |
| 28              | 7-01                  | 4-50                 | 68.9              |                  | 20     | 1-20                  | 1-00                 | 75.0              |     |
| 29              | 4-40                  | 2-50                 | 60.7              |                  | 21     | 6-45                  | 5-28                 | 81.0              |     |
| 11月計            | 73-49                 | 50-16                | 68.1              |                  | 23     | 3-20                  | 1-58                 | 59.0              |     |
| 41 12-1         | 3-10                  | 1-25                 | 44.7              |                  | 1月計    | 93-35                 | 62-12                | 66.5              |     |
|                 |                       |                      |                   |                  | 全調査期間  | 293-07                | 191-01               | 65.2              |     |



図一 4 実作業時間率 (日当り) 度数分布

(2) 燃料消費量について

表-10に長期調査による燃料消費量の測定結果および短期調査による燃料消費の測定ならびに計算結果をのせたが、これらからも作業効率についての検討ができるものと思われる。

表-10 作業分析，短期，長期調査における燃費負荷率測定表

|                       | 燃 費<br>( $\ell/h$ ) | 負荷率 (%) | 「作業分析」を100とした場合の負荷の割合 | 備 考 |
|-----------------------|---------------------|---------|-----------------------|-----|
| 作業分析 (各条件平均)          | 19.9                | 61.1    | (100)                 |     |
| 短期調査 (1~2h)           | 20.1                | 61.7    | 101                   |     |
| 長期調査 (実作業時<br>間率100%) | 18.2                | 55.9    | 91.5                  |     |
| 長期調査 (実 績)            | 15.3                | 47.0    | 76.9                  |     |

(6) 考 察

(1) 短期調査にもとづくサイクルタイムおよび燃料消費に及ぼす各要因の影響

今回の調査資料はブルドーザの任意の動きについての調査結果である。したがって測定データ，表-4でもわかるように，平均距離は60mであり，その附近のデータが多かったので，回帰平面の計算式の適用は60m附近が最も確からしいことがわかる。しかし計算結果は30m，90m附近についても実測値によく一致している。したがってこの現場調査結果について，今回の解析にもとづく回帰平面の構造模型は適当であったと思われる。しかし土工調査の性格上1箇所だけの測定データについての結論が適当であったかどうかについては議論の余地があると思われる，少なくとも3箇所以上の工事現場において同じような測定を行ってれば確からしい結論が得られるのではないと思われる。

今回の調査から，運搬距離60mでのサイクルタイムに及ぼす各要因の影響力について結論すると，(7)式のギャ入換時間を除いた移動時間のみについて考えると，路面状況の影響はa=0%の場合A:B=1:1.18，押土量の影響はA=0%の場合a:b:c=1:0.98:0.95となる。

また燃料消費量についてみると，押土量の影響は(3)式からA=0%の場合a:b:c=1:0.91:0.83，路面勾配の影響はA=aの場合0%:15%=1:1.06，路面状況はa=0%の場合A:B=1:1.36となる。その他の移動距離については図-1，2および図-3を参照されたい。

以上からa=A=0%の場合を1とすればa=A=0%における $X_1$ ， $X_2$ の各式に各条件の比率をかけたものが，その各条件におけるサイクルタイムおよび燃料消費量となる。

押土量a，b，cについては先に説明したように目測で計測したので，ある一定範囲の容量

を示している。さらに掘削押土であるから掘削の要因も入り込んでいることになるが、これは a, b, c に比例して減少していることが考えられる。すなわち土量 a を実現するためには, b, c より多く掘削しなければならない。また 2 段押しの場合もあったが a の状況では当然 2 段押しは必要ないわけであり, b, c の場合には 2 段押しも考えられるが, その場合には各サイクルにわけて測定している。したがって途中で 2 段押しが入る場合には 1 サイクルの平均土量を測定した。

また長距離押土の場合土量の減少も考えられるが、普通運搬しながら掘削作業も行い、一定土量を維持している。したがって以上の要因を含んだ a, b, c の分類であり、長距離運搬で補給なしに押土する場合があると仮定すれば 1 サイクルの平均土量をとることになるが、この場合の平均土量はサイクルタイムに与える影響についての数値で土量計算により入れる  $q_m$  とは意味が違ふ。

解析の結果サイクルタイムには路面勾配の影響が現われていないが、作業スピードが増大したり、勾配が負（登り勾配）になった場合すなわち、3 速で作業を行ったり、登り勾配での作業を行なう場合影響力が現われる可能性もあるが、作業スピードの増大率は仕様値で 19 トンブルダーザを例にあげると、前進において 3 速 / 2 速 = 1.49 で影響は少ないと思われる。また登り勾配での作業は例外であるから考慮しないとすれば、今回の測定範囲  $0 \sim 20^\circ$  では勾配の増加にともなって機関の負荷は多少増大するが、サイクルタイムの変化には現われていないと云える。すなわち勾配の影響力のもとに負荷は増大するが常に 100% 以下の状況であったことが推定される。したがって作業効率 B の影響力は土工板容量の方に現われていることが考えられる。

#### (iv) 短期調査にもとづく時間当り作業量および燃料消費量の推定

(7) 式にギャ入換平均時間 4.5 sec を加えた次式

$$X_1 = -17.69 + 1.06 X_2 + 18.85 X_3 + 1.708 X_4 \quad (14)$$

から時間当り作業量 Q を計算してみると図-5 のようになる。

ただし、土工板容量は分類 a の平均 ( $5.25 m^3$ ) をとったものであり、低くした状態の土量とした。

A-a-0% が今回の調査で短期間に実現されるであろう最大作業量となる。参考のため B-a-0% についてものせてある。

次に燃料消費量の (13) 式およびサイクルタイム算定式 (14) 式から算出した時間当り燃料消費量について同じく図-5 に示す。

また図-5 に長期調査の場合の燃料消費量実測値 (×印)、測定現場の推定作業量 (短期間最大作業量 X 実作業時間率、○印) について示したが、この長期調査の結果は各要因が平均されたものであり、推定作業量についてはここで云う短期間最大作業量の中にすでに測定現場の作業効率の一部が含まれている。

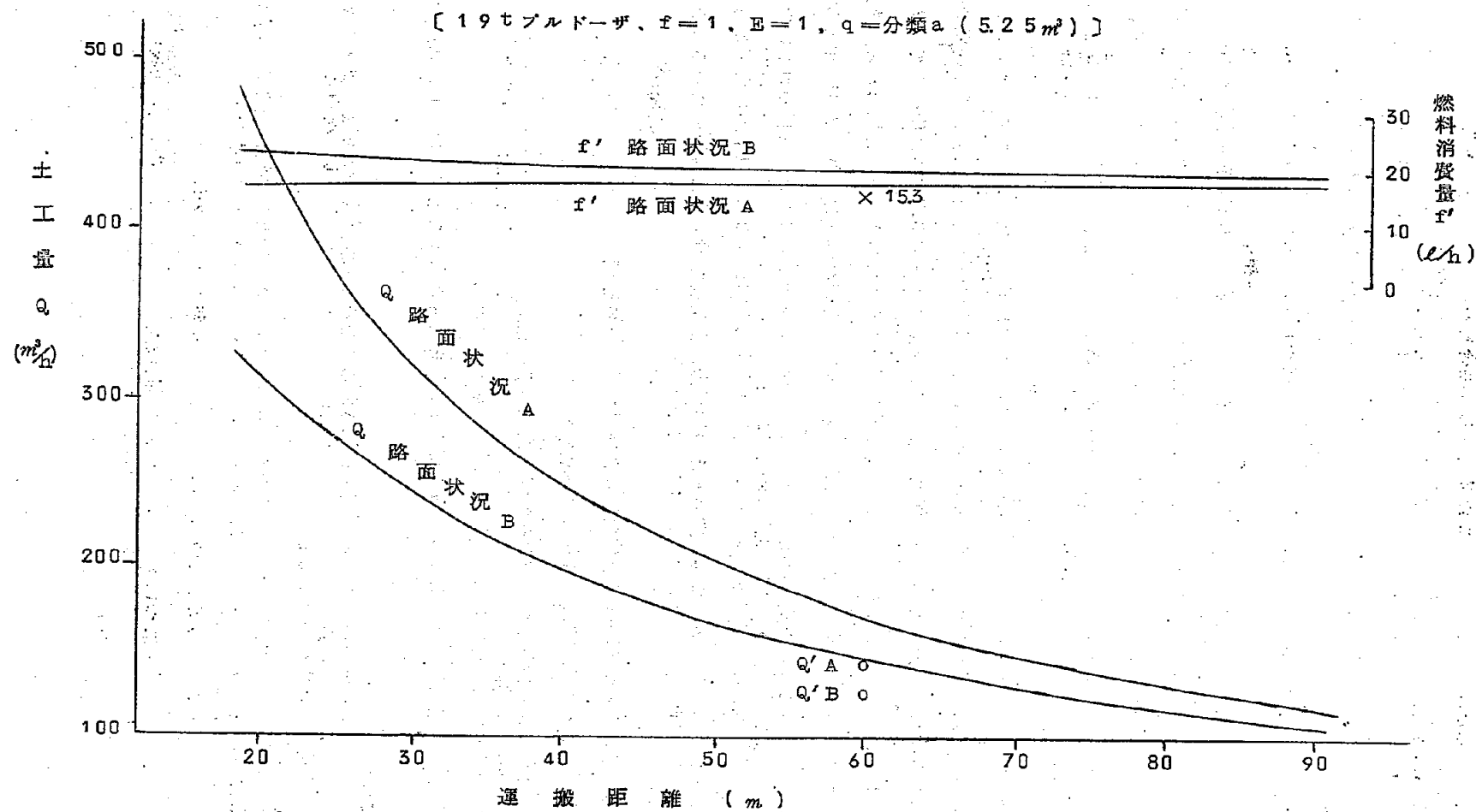


図 - 5 土工量と燃料消費量

(c) 短期調査と長期調査との関係（作業効率について）

これまでブルドーザの作業量算定にあたっては一般に式  $Q = \frac{3,600 \times q \times f \times E}{cm} \cdot m^3/h$  が使用されてきた。この算定式の各係数のうち作業効率  $E$  については、道路土工指針（日本道路協会）をはじめとして各種の算定方式の考え方にも、理論式すなわ仕様値の計算から得られる移動スピード、土工板容量、土量変化率等から算定された作業量と実測された作業量（実績）との比較から、その比率を  $E$  と考え、各種の作業実績から経験的に求めて用いられてきたが、その中には各種の不明確な要因が入り込んでいて  $E$  の実態がつかめていない。したがってもう少しわかり易く  $E$  についての要因分析をする必要があり、各方面での検討がなされているところである。

ここに  $E$  についての要因分析の私案を述べてみたい。

これまで作業量算定式で不明確なものは  $E$  の中に含めるという考え方が支配していたが、まず現場調査、統計処理のまゝに  $E$  の要因を分析し、各々について検討していくことが必要と思われる。

作業効率  $E$  に影響を及ぼす要因の分析

ブルドーザの作業量算定式

$$Q = \frac{3,600 \times q \times f \times E}{Cms} \quad (9)$$

$$\text{ここで } q = L H^2 \quad (m^3)$$

$E$  : 総合作業効率

$$Cms = \frac{V_1 s + V_2 s}{V_1 s \cdot V_2 s} \cdot X_s + t_s \quad (10)$$

$Cms$  : サイクルタイム（仕様値による、sec）

$L$  : 土工板巾（m）

$H$  : 土工板高さ（m）

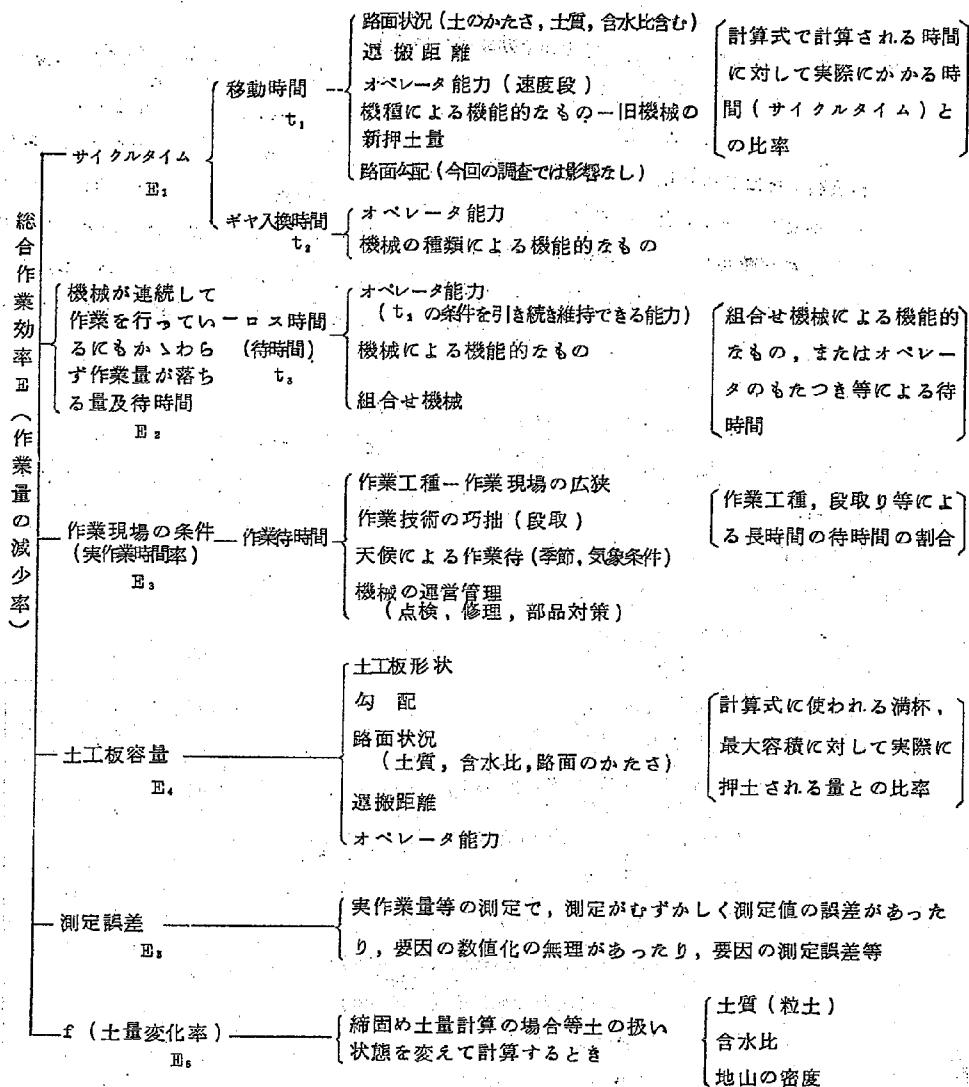
$V_1 s$  : 前進速度段の仕様速度（m/sec）

$V_2 s$  : 後進速度段の仕様速度（m/sec）

$X_s$  : 移動距離

$t_s$  : ギヤ入換時間（sec）

が用いられているが、各係数のうち総合作業効率  $E$  については次のような要因に分析することができる。



したがって  $E$  は

$$E = E_1 \cdot E_2 \cdot E_3 \cdot E_4 \cdot E_5 \cdot E_6 \quad \text{または} \quad E = E_1 \cdot E_2 \cdot E_3 \cdot E_4 \cdot E_5 \cdot E_6 \quad (17)$$

で表わすことができる。

次にこれらの要因について今回の調査結果等から検討してみる。まず (4) 式の  $C_{ms}$  について  $A-a=0\%$  で仕稼速度 (2速の場合) によるサイクルタイム  $C_{ms}$ , 短期調査でのサイクルタイム  $C_{mm}$  ならびに短期調査の前, 後進各平均速度  $V_{1m}$ ,  $V_{2m}$  はそれぞれ

$$C_{ms} = \frac{V_{1s} + V_{2s}}{V_{1s} \cdot V_{2s}} \cdot X_s + t_s$$

$$= 1.723 X_s + t_s \quad (16)$$

$$C_{mm} = (7)式 + t_s$$

$$= 3.07 + 1.708 X_s + t_s \quad (18)$$

$$V_{1m} = \frac{X_s}{X_{1F}} = \frac{X_s}{1.85 + 0.959 X_s} \quad (19)$$

$$V_{2m} = \frac{X_s}{X_{1R}} = \frac{X_s}{1.23 + 0.749 X_s} \quad (20)$$

ここに  $C_{ms}$ : 仕様速度による  $C_m$  (sec)

$C_{mm}$ : 短期調査による  $C_m$  (sec)

$V_{1s}$ : 前進速度段の仕様速度 (2速 1.028) (m/sec)

$V_{2s}$ : 後進速度段の仕様速度 (2速 1.333) (m/sec)

$V_{1m}$ : 短期調査の前進速度 (m/sec)

$V_{2m}$ : 短期調査の後進速度 (m/sec)

で表わされ、調査対象機械の仕様および調査結果から表-11が作成できる。なお  $t_s$  は理論式と計算式に同じものを使った。

表-11 仕様値及実測のサイクルタイムと  $E_1$  の推定

| サイクルタイム計算の条件        | 速度段 | 前進速度           | 後進速度           | $t_s$         | $X_s=60m$ の場合の $C_m$  | $E_1$ の推定値 (2速の場合) |
|---------------------|-----|----------------|----------------|---------------|-----------------------|--------------------|
| 仕様値 $C_{ms}$        | 2速  | m/sec<br>1.028 | m/sec<br>1.333 | sec<br>(4.45) | 107.75 <sup>sec</sup> | 1                  |
|                     | 3   | 1.528          | —              | (4.45)        | —                     | —                  |
| 測定値 A-a-0% $C_{mm}$ | 2   |                |                | 4.45          | 110.0                 | 0.98               |
| " B-a-0% "          | 2   |                |                | 4.45          | 128.85                | 0.84               |
| " A-b-0% "          | 2   | $V_{1m}$       | $V_{2m}$       | 4.45          | 107.88                | ≒1                 |
| " B-b-0% "          | 2   |                |                | 4.45          | 126.73                | 0.85               |

注) 勾配の影響はないものとする。

いま  $t_s = 4.5 \text{ sec}$ , 2速の場合について  $E_1$  を求めてみると、(16) (18) (19) 式の関係から次式のようになり、

$$E_1 = \frac{1}{C_{mm}} \div \frac{1}{C_{ms}} = \frac{C_{ms}}{C_{mm}} \quad (21)$$

移動距離 60m のときの  $E_1$  は表-11 のような数値となる。

$E_1$  については 1 日または数時間機械がフルに稼働している状態についての調査を行い、短期調査 (サイクルタイム測定) と比較すればよいわけである。

歩掛り調査での引き続き数時間の作業量調査より計算した作業効率では  $E_1$ ,  $E_2$  を含んでいることになる。

$E_1$  については長期間の実作業時間率, 作業量を調査すれば算出される。いま

全工期の作業可能時間(機械投入可能時間).....  $h_1$

全運転時間(アイドリング時間も含む).....  $h_2$

全作業時間(実際に作業を行った時間).....  $h_3$

とすると  $E_1 = h_3/h_1$ , または  $E_1 = h_3/h_2$  で表わされる。今回は  $E_1 = h_3/h_2$  (実作業時間率) について調べたが, その結果は表-8, 9 に示すとおりである。

土工板容量については各種の算定方式がある。道路土工指針改訂案(日本道路協会, 現在審議中)では

$$q_s = LH^2 \left\{ \frac{1}{2 \tan(\phi + \alpha)} + e \right\} \mu \cdot d \quad (21)$$

$q_m$ : 実測された土工板容量 ( $m^3$ ),  $q_s$ : 理論式の土工板容量

なる式が提案されているが, この(21)式をはじめ各算定式とも  $q_m$ ,  $q_s$  は土工板形状の  $LH^2$  に比例していると仮定した算定式が多いようであり, 前年度の報告書に  $q_s$  と  $LH^2$  との直接関係について教例グラフで示した。この  $q_s$  は機械の大きさ, 形状, 機能によって決まる基本的な容量に対して土質条件など各種の要因(条件)によって補正される作業能力算定式の係数として使用されるべきものであるから, いま仮に  $LH^2$  を定数として

$$q_m = E_1 \cdot LH^2 \quad (22)$$

の式を考えれば  $q_m$  の適用式と同じ形式となる。したがって  $E_1$  については各種要因に於ける土量(容量)を測定して, それぞれの影響について多元回帰分析を行えばよい。いま回帰線の構造模型を線型と仮定すれば

$$E_1 = \frac{\text{実際に測定された土量}}{\text{土工量算定式に使われた容量}} = \frac{q_m}{LH^2} \quad (23)$$

$$E_1 = a_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + \dots + a_i X_i \quad (X_i \text{ 容量の変化に影響を与える要因}) \quad (24)$$

すなわち(23), (24)式から検討できる。

今回は  $q_m$  については資料が少くくわしく検討を行なわなかったが, 今後各条件についての調査を行い検討する予定である。又各要因の影響を線型と仮定したがその適合性等も検討を要すると思われる。

$E_1$  については, 作業効率と云うものではないが測定精度の向上により1に近づく。 $E_1$  の検討のときとりあげた長期調査の  $Q$  の測定と各  $E_1$ ,  $E_2$ , ..... の測定から統計処理により推定できる。

$f$  については扱う土の状態を決めておけば,  $f$  の要因は特に検討を要しないが算定式を締固め土量計算に適用する場合等に必要とするもので, 独立に各条件について調べておく必要がある。したがって式は  $q = LH^2$ ,  $q_{ms}$ ,  $f$  = 標準の土に対する変化率を決定しておけば各要因による土量の変化は総作業効率の変化により得られる。したがって逆に各要因による  $E_1$ ,

$E_2, E_3, \dots, E_i$  を調査によって決定しておけば各条件の場合の作業量が算出される。

以上の各  $E_i$  の分析は燃料消費量の観点からも、同じように追跡調査ができる。この場合燃料消費状況と作業量との比例関係がはっきりとえられていることが必要であるが、各作業状態での数サイクルの調査、数時間（日当り）の調査、長期の燃料消費状況の調査等から作業量を推定し、各作業効率  $E_i$  の推定ができると思われる。

#### (7) む す び

今回の土工調査における各測定値ははっきり数値化のむずかしい要因も入り込んでいるが、土工調査の性格上この程度で概略の傾向をつかむより方法がないと思われる。これ以上精密に計るということはすべてにわたって測定精度を上げる必要があるため、たいへんな労力となり結果においては調査の意味をなさないのでないか。すなわち、調査の精度を上げたため変動が多くなり、精度向上に比例して誤差範囲が小さくはならないと思われる。

当研究室では40年、41年の2年間にわたってブルドーザの作業能力算定基準確立のための調査を続けてきたが、今後は個々の問題たとえば土工板容量の問題、負荷率の問題等の調査を続けていく予定であるが、ブルドーザの作業能力算定基準全般の調査についてはこれ以上研究室での追求はむずかしいと思われる。これまでのレポートは一現場での調査をもとに、土工調査の方法、各要因の分析方法、考え方の概要についてのべたものであり、今後これら問題点を参考のうえ、土工工事にたずさわる各機関において個々の工事の調査を行い、積算基準の完成を願うものである。尚、現地調査及データ整理に当っては当研究室の岩崎政明、後藤昌隆、北見英一技官の協力を得たものであります。

最後にこの調査に御協力頂いた関東地方建設局常陸工事々務所の関係各位に厚く感謝するものであります。

## 2. トラクタショベルの作業能力

### (1) 調査概要

トラクタショベル（履带式）についての調査は土工現場で短期調査と長期調査の2段階で行い、トラクタショベルの各動作分析にもとづく標準サイクルタイムおよび標準作業量の推定、トラクタショベルの作業効率Eの分析の一手法および各作業動作に及ぼす各種要因の影響の検討、長期調査と短期調査の関係（作業効率の検討）等を究明しようとしたものである。

短期調査はブルドーザの調査と同じく関東地建管内の国道改良工事現場の切土箇所にて、ブルドーザにより掘削集土された土砂をダンプトラックに積込む作業（トラクタショベル移動型による積込方式、V型）を行っている調査対象機械の作業動作を各動作ごとに分類記録しながら、同時に測定員1名がトラクタショベルに乗り込み同じく各動作ごとの燃料消費量を100単位で測定し、各動作のサイクルタイム $\longleftrightarrow$ 燃料消費量の関係について分析を行った。

積込重量はダンプトラック運搬路出口附近にロードメータを設置して測定を行い、バケット容量と実容量との関係について検討を行った。

長期調査は短期調査対象機械に機関回転記録計および燃料計（10単位）をとりつけ、機械の持込みから1工期終了までの期間にわたって1日ごとの作業量 $\longleftrightarrow$ 作業時間 $\longleftrightarrow$ 燃料消費量等を測定し、短期調査の分析とあわせ作業効率Eの検討を試みた。

なお長期調査の一部は調査現場の工事施工業者に委託して調査測定を行った。

以上の測定データをもとに、さらに前年度の調査データ、建設機械化研究所の性能試験データおよび各地建の調査データ等から統計処理による標準作業時間の分析、分析結果からの作業量の推定、作業効率Eの分析の一手法および作業動作に及ぼす各種要因の影響の検討、短期調査と長期調査の関係等について検討を行ったものである。

(2) 調査内容および調査箇所

表-12に今回行った調査の内容および調査箇所についての一覧表を示す。

表-12 調査箇所および調査内容一覧表

| 調査場所        | 関東地建常設工事管内                                                                             | 関東地建<br>千葉国道工事管内                                   | 建設機械化研究所                                    | 中部地区<br>浜田国道工事管内<br>広島技術事務所           |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|
| 工事区分        | 道路新設工事                                                                                 | 道路新設工事                                             | 性能試験                                        | 道路新設工事(浜田)<br>性能試験(広島)                |
| 調査対象機種      | 1.7m <sup>3</sup> トラクタショベル(業者持込機械)                                                     | 1.5m <sup>3</sup> トラクタショベル(業者持込機械)                 | 0.4~1.7m <sup>3</sup> トラクタショベル, 6機種(業者持込機械) | 1.5m <sup>3</sup> トラクタショベル(官所有機械)     |
| 調査対象機械の作業工程 | ダンプトラックスプルドーザで掘りゆるめられたルーズ土の積込み                                                         | ダンプトラックスプルドーザで掘りゆるめられたルーズ土の積込み                     | ダンプトラックスプルドーザ土の積込み                          | ダンプトラックスプルドーザ土の積込み                    |
| 試験分類        | 作業試験                                                                                   | 作業試験                                               | (性能試験)                                      | 現場性能試験                                |
| 調査現場状況      | 平担<br>レキまじりローム土                                                                        | 平担<br>ローム土                                         | 平担                                          | 平担                                    |
| 積込土質        | レキまじりローム土                                                                              | ローム土                                               | ローム土                                        | レキまじりローム土                             |
| 土工量         | 30,000m <sup>3</sup>                                                                   | —                                                  | —                                           | 37,000m <sup>3</sup>                  |
| 工事施工区分      | 請負                                                                                     | 請負                                                 | —                                           | 請負<br>現場性能試験                          |
| 調査年月日       | 長期<br>41年12月24日<br>42年3月15日<br>短期<br>42年12月21日<br>~12月23日                              | 40年11月13日                                          | 39年~41年                                     | 41年10月20日<br>42年3月24日                 |
| 調査概要        | 実測調査<br>短期<br>サイクルタイム-燃料<br>消費量-土量の測定<br>土質資料の採取測定<br>長期<br>実作業時間-燃料<br>消費量<br>積込回数の積算 | 実測調査<br>短期<br>サイクルタイム-燃料<br>消費量-土量の測定<br>土質資料の採取測定 | 資料調査<br>短期<br>サイクルタイム-燃料<br>消費量-土量の測定       | 資料調査<br>短期<br>サイクルタイム-燃料<br>消費量-土量の測定 |

当研究室で今年度に行った現場調査は関東地建管内の国道改良工事現場1箇所であったので、解析にあたっては前年度の調査データ、各地建の調査データ、建設機械化研究所の性能試験データ等を参考とした。

(3) 測定方法および測定器具

実測調査における各測定方法および測定器具は表-13に一括して示したが、下記に測定方法の概要についてのべる。

表-13 測定方法および測定器具一覧表

| 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<br>オシログラフ<br>電接時計<br>マイクロスイッチ | トラクタシヨベルの前進、後進、ギヤ入替え等の任意の動きをマイクロスイッチにより電磁記録ペンで各動作ごとの軌跡を記録紙に描かせ分析を行なう。            |
|      | 燃料消費量           | 燃料消費量計<br>(東京精密測機<br>KK DG100B)    | 機関の燃料フィルタと噴射ポンプの間に燃料消費量計をとりつけ、測定員が機械に乗り込んでサイクルタイムと同じく各動作ごとに燃料計の目盛を読みとる。(100cc単位) |
|      | 積込土量            | ロードメータ                             | 運搬路出入口にロードメータを設置し、ダンプトラックに積込まれた土を重量で測定する。                                        |
|      | 移動距離            | 巻尺<br>ボール                          | トラクタシヨベルの移動範囲にボールその他で1mごとの標示をしておき、地上の測定員に機械の動きを各サイクルごとに観察記録させ、後に移動距離をよみとる。       |
|      | 走行路面及積込土の見掛けの密度 | モールド<br>(容積3,000cc<br>1,000cc)     | 積込土は容積3,000ccのモールドを押し込んで測定し、地山の場合は容積1,000ccで先端にカッターのついたモールドを地山に打ち込んで資料をとり測定する。   |
| 長期調査 | 走行路面及積込土の含水比    | JISA1203<br>にもとづく<br>試験用具          | JISA 1203にもとづく試験方法                                                               |
|      | 稼働時間            | 矢崎計器製<br>レボグラフ<br>(24時間-7日用)       | 記録紙に記録させた指針の跡より稼働時間をよみとる。                                                        |
|      | 燃料消費量           | 矢崎計器製<br>フューエロメータ<br>(1ℓ単位)        | レボグラフの記録紙に記録させたパルスを計測する。<br>(ℓ/1パルス)                                             |

(1) サイクルタイム測定：実測調査におけるトラクタシヨベルの動きは作業の条件にしたがってオペレータに任意にとらせ、その移動路面に1m間隔の標示を行い、各サイクルごとに移動する距離を測定員に記録させると同時に、電磁式記録ペンにて各動作の所要時間を分類記録し測定した。各動作の分類は記録紙に各々別の軌跡を描かせ、後刻分析する方法をとった。

(2) 燃料消費量について：調査機械の燃料噴射ポンプ、フィルタ間に精密燃料消費計をとりつけ、測定員が乗り込んで各動作ごとに記録した。長期調査では燃料消費量計(1ℓ単位)による測定値を機関回転記録計に自動記録させ、後に記録紙より読みとった。

(3) 積込土量(重量)の測定：トラクタシヨベルでダンプトラックに積込まれた土量は、運搬路出入口付近に設置したロードメータにより(前輪および後輪各々についての重量を測定)重量測定を行った。したがって3~4サイクルで積込んだ土砂の重量を測定したものである。

#### (4) 短期調査におけるトラクタショベルの作業能力の検討

##### (1) 運搬距離と時間

トラクタショベルの積込移動距離と時間の関係は、機械の機能上からは正の直線相関があるべきであるが、これまでの調査では、動きがこまかく移動距離の分析がむずかしいことからトラクタショベルのサイクルタイムは1サイクルの各動作を含んだ平均時間という考えが支配している。最も能率的な積込方式は機械がスムーズに動き、かつその総移動距離ができるだけ短かいことが望ましいわけである。したがってオペレータ能力、機種、現場状況、積込方式等によって、ある一定の総移動距離に対して移動時間がきまれば掘削、積込、チェンジ、待時間の合計時間すなわちサイクルタイムは一定値になる。この考え方を拡大して各総移動距離の変化に対するサイクルタイムの変化について、当研究室で行った調査データ、建設機械化研究所の性能試験および地建の調査データをもとに検討してみた。

当研究室で行った今年度の調査は測定器を改良して各動作をこまかく分析したので、各々の動作についての検討を行なうことができた。

トラクタショベルの積込作業は動作がこまかく、かつ速い。機械の移動距離を調査ごとに規制することもできないので、機械の動作はオペレータの思いどおりに行なわせ、その各動作を外部より測定する方法をとった。

また総移動距離という考え方は、トラクタショベルの動作を分析すると基本的な動きはJIS D 6505-1963 より4種に分類できるがその動きは前後進を含む1往復（出発地点に帰って来た場合）と考えることができ、各短区間の前進、後進の動作に細分し検討することがむずかしいことから、1サイクルに必要な走行距離をもって調査したものである。したがって1サイクルの総移動距離に対する移動時間との関係をとらえようとしたものである。

図-6に各積込方式およびその積込標示記号を示す。

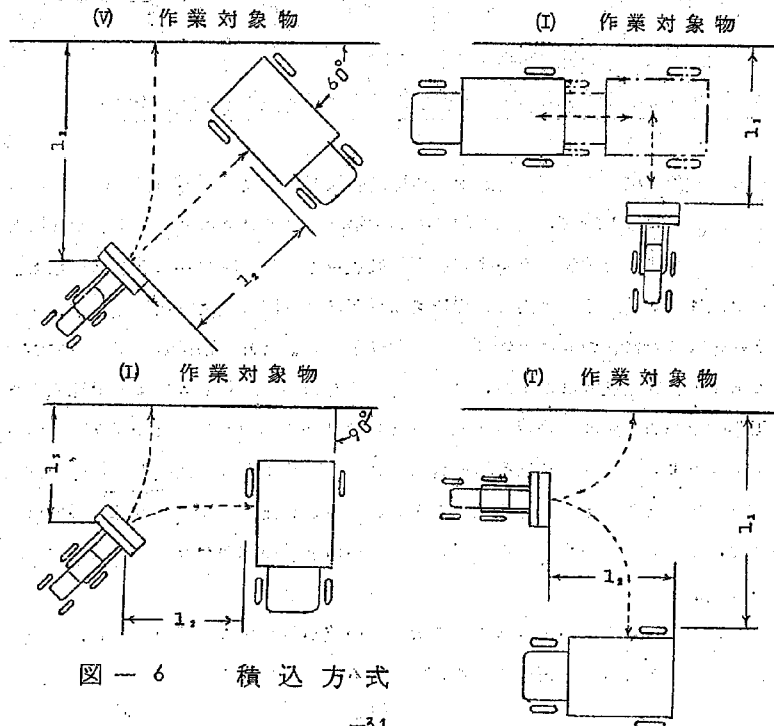


図-6 積込方式

今回当研究室で行った調査結果“総移動距離←→時間”の関係を図-7に示す。調査対象が1台の機械であり、速度段、測定場所、オペレータとも同じりえルーズ土の積込作業であるから、要因の変化による影響は不明である。

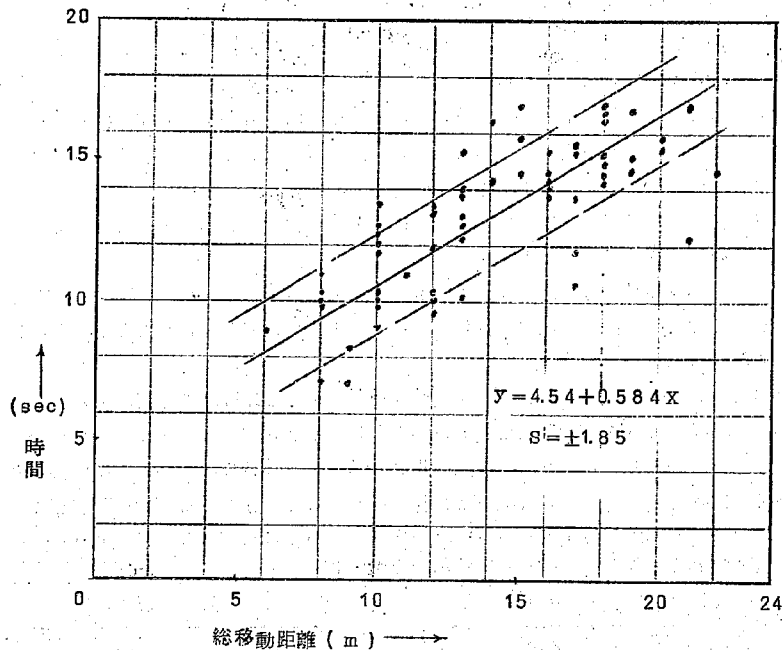


図-7 トラックターショベル総移動距離—時間の関係(試験場所C)

図-8は建設機械化研究所のこれまでの性能試験データよりまとめた各機種、各積込方式についての総移動距離と時間の関係を線型として描いたグラフである。図9、10に各積込方式別、各機種別の関係を示す。なお総移動距離は表-20および図-6より算出した。

速度段は1~3速が入り込んでいて両者の関係はばらばらのように考えたが、グラフにまとめてみると大きなばらつきはないように見受けられる。これは機械の機能的な面からみれば各メーカーによる速度の違いはあるが、オペレータの能力、すなわち人によって運転される機械は人間工学的な見方をすれば長時間運転するための自分の能力に合った最高速度というものがあるからきまり、オペレータはそれに合った速度を機種による速度段から選んで作業を行なうので自然移動速度が一定値に近づくものと思われる。したがって建設機械化研究所の性能試験データは、オペレータが乗り込んで操作する現在の機械の構造では作業移動速度は限界に近いと思われる。

また積込方式による違いについてもある一定の値が存在するはずであるが、データ数不足ではっきりとはいえないが問題にならない値であると考えられる。

図-8 トラクターショベル総移動距離—時間の関係（試験場所A）

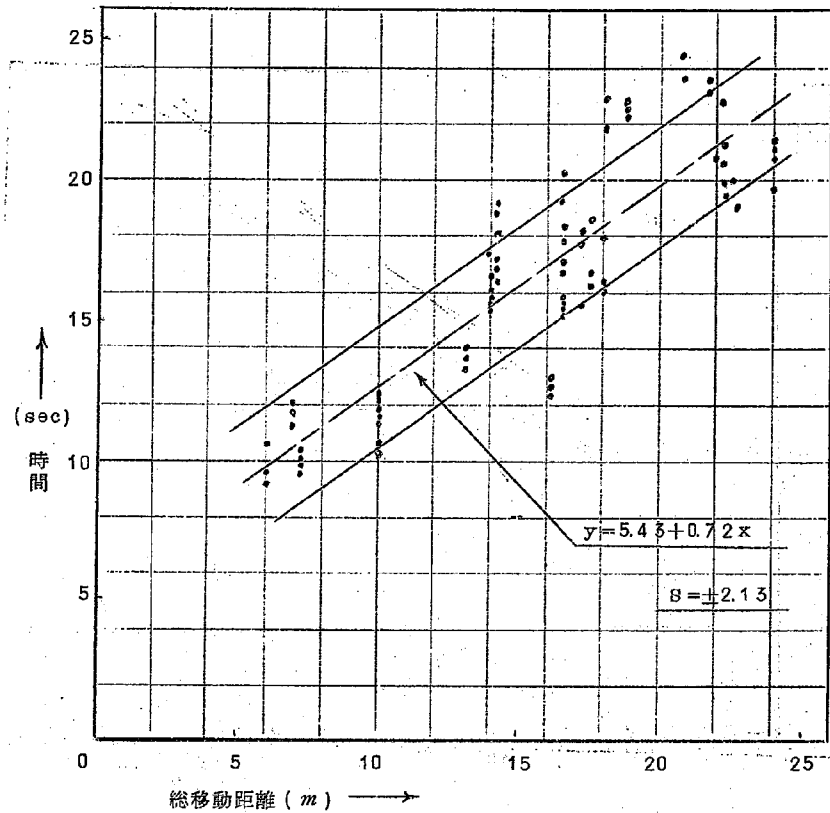


図-7による値にはギヤ入換時間が入っていないので建設機械化研究所のデータより速度が速いようであるが、これに各ギヤ入換時間  $5.3 \pm 0.6$  を加えると図-11のようになる。

前述した総移動距離—時間の関係に影響を及ぼす変動要因についてはオペレータ能力、速度段、機種、路面状況、積込方式の違い等が考えられるが、今回のデータよりはっきり推定することはできなかった。

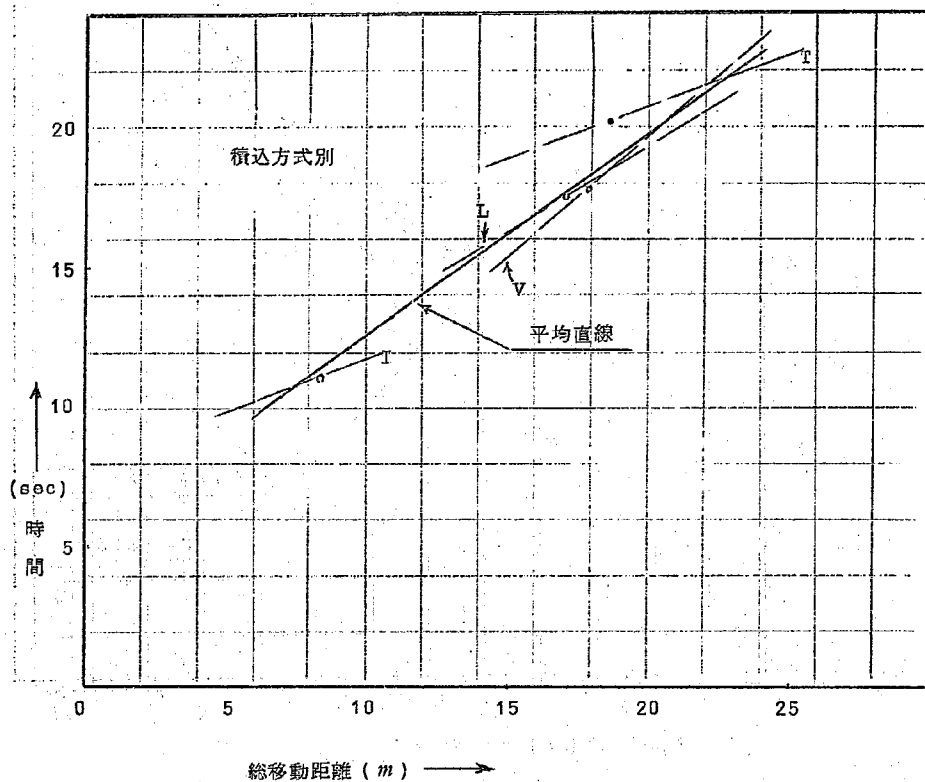


図-9 トラックターショベル総移動距離—時間の関係 (試験場所A)

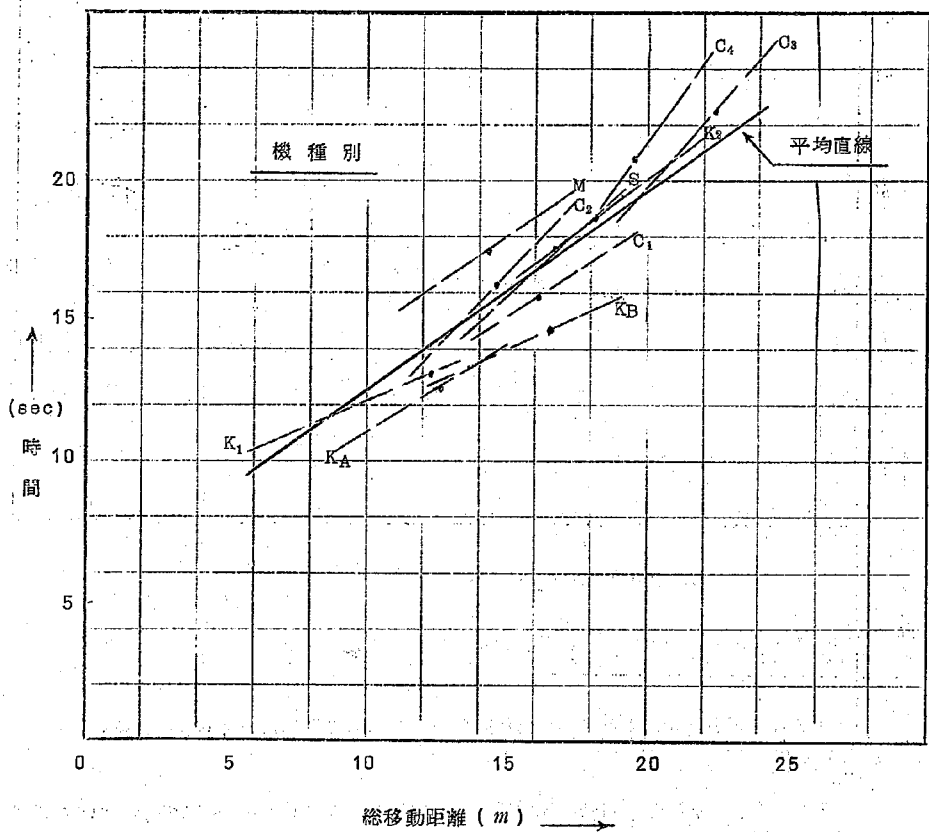


図 10 トラクターショベル総移動距離—時間の関係 (試験場所 A)

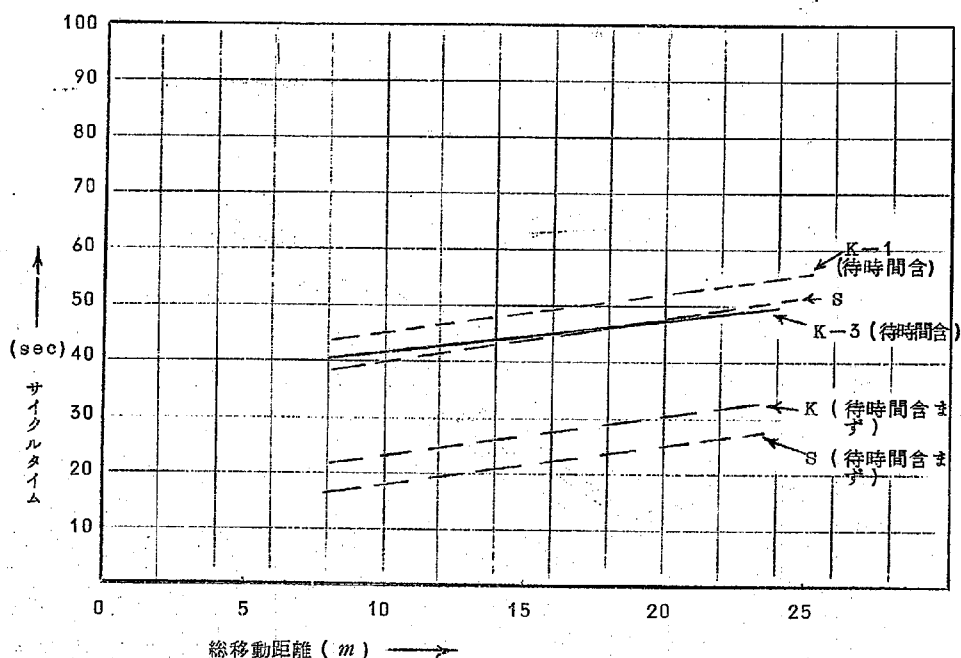


図-1 1 サイクルタイム—総移動距離

表 1 4 に各積込方式による平均移動距離を設定して移動距離に対する時間の比較を示す。

#### (ロ) 掘削時間

トラクタショベルでは普通補助機械によって土をルーズな状態にして掘削を行っている状況である。今回の調査においてもブルドーザの補助のもとに掘削（バケット積込）作業を行っている時間についての測定を行った。

掘削に要する時間はオペレータの能力、機種による機能的なもの、機械の新旧、土の状況（かたさ、含水比）、バケット容量及び種類、掘削高さ等の影響があると思われるが、ここに前年度行った調査および建設機械化研究所のデータ等の比較検討を試みる。

表 1 4 トラクタシヨベル作業時総移動距離 (標準移動距離) ←→時間の積込方式による比較表

| 整理<br>番号            | 機種<br>分類<br>整理<br>番号<br>種理号 | 調査<br>年月<br>(年月) | 製作<br>年月<br>(年月) | 作業<br>時最大<br>出力<br>(PS) | 運転<br>整備<br>重量<br>(kg) | 試験<br>場所<br>(※1) | 試験<br>時の<br>状況 | 仕組速度<br>速度<br>段 | 各積込方式及平均総移動距離に対する時間                                               |                                              |                                          |                                            |               |  |   |  |
|---------------------|-----------------------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------------|------------------|----------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------|--|---|--|
|                     |                             |                  |                  |                         |                        |                  |                |                 | V                                                                 |                                              | L                                        |                                            | I             |  | T |  |
|                     |                             |                  |                  |                         |                        |                  |                |                 | $142 \leq x \leq 222$<br>$\bar{x} 17.95 (m)$                      | $132 \leq x \leq 22B$<br>$\bar{x} 17.13 (m)$ | $6 \leq x \leq 10$<br>$\bar{x} 8.31 (m)$ | $14 \leq x \leq 24$<br>$\bar{x} 18.58 (m)$ |               |  |   |  |
| 1                   | K-1                         | 41.12            | 41.12            | 32                      | 3,300                  | A                | 性能試験           | 2               | 1.08<br>1.75<br>1.00                                              | (sec)<br>14.1                                | (sec)<br>17.6                            | (sec)<br>13.6                              | (sec)<br>21.4 |  |   |  |
| 2                   | M-1                         | 41.6             | 41.6             | 35                      | 3,300                  | A                | ■              | 2               | 1.08<br>1.75                                                      | 18.3                                         | 21.8                                     | 13.9                                       | 22.6          |  |   |  |
| 3                   | O-2                         | 41.5             | 41.5             | 108                     | 11,800                 | A                | ■              | 2               | 2.139<br>1.389                                                    | 22.2                                         | 16.7                                     | 8.6                                        | 21.8          |  |   |  |
| 4                   | O-1                         | 40.12            | 40.12            | 71                      | 10,800                 | A                | ■              | 3               | 1.667<br>1.078                                                    | 17.9                                         | 16.2                                     | 11.5                                       | 16.1          |  |   |  |
| 5                   | S                           | 40.9             | 40.9             | 75                      | 10,155                 | A                | ■              | 3               | 1.539<br>1.153                                                    | 16.9                                         | 19.9                                     | —                                          | 22.5          |  |   |  |
| 6                   | K-2                         | 39.12            | 39.12            | 140                     | 16,000                 | A                | ■              | 2               | 1.689<br>2.186                                                    | 20.8                                         | 17.2                                     | 11.3                                       | —             |  |   |  |
| ①～⑥の各積込方式別による平均移動時間 |                             |                  |                  |                         |                        |                  |                | 一般式             | $y=256+0.86x$<br>$y=697+0.61x$<br>$y=786+0.38x$<br>$y=1324+0.37x$ |                                              |                                          |                                            |               |  |   |  |
|                     |                             |                  |                  |                         |                        |                  |                | 時間              | 18.0<br>17.4<br>11.1<br>20.2                                      |                                              |                                          |                                            |               |  |   |  |
| ①～⑥の全機種、全積込方式による平均  |                             |                  |                  |                         |                        |                  |                | 一般式             | $y=5.43+0.72x$<br>( $\bar{x}=15.53$ )<br>※2                       |                                              |                                          |                                            |               |  |   |  |
|                     |                             |                  |                  |                         |                        |                  |                | 時間              | 18.4<br>17.7<br>11.4<br>18.8                                      |                                              |                                          |                                            |               |  |   |  |
| 7                   | O-3                         | 41.10            | 40.              | 108                     | 11,600                 | B-1              | 現場試験           | 2               | 1.75<br>2.194                                                     | 18.3                                         | 16.7                                     | 6.2                                        | 23.0          |  |   |  |
| 8                   | ■                           | 42.3             | 40.              | ■                       | ■                      | B-2              | ■              | 2               | ■<br>18.7                                                         | $198 \leq x \leq 22 \times 3$<br>18.7        | 15.7                                     | 7.7                                        | 24.4          |  |   |  |
| 9                   | K-3                         | 41.12            | 38.12            | 125                     | 16,200                 | O                | 作業状態           | 3               | 1.75<br>2.25                                                      | $8 \leq x \leq 22 \times 3$<br>14.95         | —                                        | —                                          | —             |  |   |  |
| 10                  | M-2                         | 40.11            | 38.12            | 115                     | 13,900                 | D                | ■              | 2               | 1.06<br>1.25                                                      | —                                            | —                                        | $x=30 \times 3$<br>6.2                     | —             |  |   |  |
| 14                  | ■                           | ■                | ■                | ■                       | ■                      | ■                | ■              | ■               | ■                                                                 | —                                            | —                                        | 6.2                                        | —             |  |   |  |

注) ※1. A: 建設機械化研究所内

B: 中国地建 浜田国道工事々務所管内熱田第2改良工事現場 (B-1)

広島技術事務所内 (B-2)

O: 関東地建 常陸工事々務所管内笠間第1改良工事現場

D: ■ 千葉国道工事々務所管内環状16号新設工事

※2. Y: 移動時間 (sec)

X: 総移動距離 (m)

※3. Xの範囲は各測定現場で異っており、機械化研究所での各積込方式の平均値  $V=17.95$ ,

$L=17.13$ ,  $I=8.31$ ,  $T=18.58$  を標準の移動距離として移動時間を換算して示した。

したがってXの範囲をはずれているものは推定値の精度が落ちることになる。

※4. チェンジ時間  $5.3 \pm 0.6 \text{ sec}$  含まず、平均移動距離  $13.2 \text{ m}$ 、一般式  $Y=2.445+0.58X$

※5. 待時間含む

※6. 上段 前進2速 後進3速 下段 前後進3速

※7. 建設機械化研究所性能試験データより

表 15 トラクタショベル掘削時間比較表

| 整理番号 | 機種  | 調査<br>年月 | 製作<br>年月 | 機関作<br>業時最大<br>出力<br>(PS) | 運搬<br>備重量<br>(kg) | バケット<br>山積<br>容量<br>( $m^3$ ) | 試験<br>場所<br>※ | 試験時<br>の機械<br>の状況 | 土の<br>状態 | 土 質            | 掘削時間<br>** | 資<br>料<br>数 |
|------|-----|----------|----------|---------------------------|-------------------|-------------------------------|---------------|-------------------|----------|----------------|------------|-------------|
| 1    | K-1 | 4.1.12   | 4.1.12   | 32                        | 3,500             | 0.4                           | A             | 性能試験              | ルーズ      |                | 3.2±0.2    | 12          |
| 2    | M-1 | 4.1.6    | 4.1.6    | 35                        | 3,300             | 0.4                           | A             | ※                 | ※        |                | 4.3±0.2    | 12          |
| 3    | C-2 | 4.1.5    | 4.1.5    | 108                       | 11,800            | 1.34                          | A             | ※                 | ※        |                | 3.2±0.3    | 12          |
| 4    | C-1 | 4.0.12   | 4.0.12   | 71                        | 10,800            | 1.15                          | A             | ※                 | ※        |                | 3.1±0.1    | 16          |
| 5    | S   | 4.0.9    | 4.0.9    | 75                        | 10,155            | 1.1                           | A             | ※                 | ※        |                | 7.5±1.0    | 9           |
| 6    | K-2 | 3.9.12   | 3.9.12   | 140                       | 16,000            | 1.7                           | A             | ※                 | ※        |                | 3.8±0.8    | 18          |
| 7    | C-3 | 4.1.10   | 4.0.     | 108                       | 11,600            | 1.34                          | B-1           | 現場試験              | ※        | レキまじり<br>砂質ローム | 5.5±0.5    | 12          |
| 8    | ※   | 4.2.5    | 4.0.     | ※                         | ※                 | ※                             | B-2           | ※                 | ※        | ※              | 5.6±0.6    | 12          |
| 9    | K-3 | 4.1.12   | 3.8.12   | 125                       | 16,200            | 1.7                           | C             | 作業状態              | ※        | レキまじり<br>ローム土  | 4.4±0.4    | 68          |
| 10   | M-2 | 4.0.11   | 3.8.12   | 115                       | 13,900            | 1.5                           | D             | ※                 | ※        | ローム土           | 5.6±0.5    | 17          |
| 11   | ※   | ※        | ※        | ※                         | ※                 | ※                             | ※             | ※                 | 地山       | ※              | 9.5±0.9    | 38          |

注) ※ 表-14に同じ

\*\* 各数値の信頼係数は95%とした。

表-15はこれまでの調査データから掘削時間の比較を示した。

いま試験場所Aについて比較してみるとK-1とK-2およびC-2とC-1それぞれについて検定の結果差が現われていない。すなわちルーズな土の掘削(バケットえの積込)にはバケット容量の大きさによる影響は現われていない。機種についてはK社、M社、C社による機能的な差が現われているようである。その他前述のように各要因の影響が考えられるが、データ数が少なく結論づけることができなかった。定性的には土の状況(地山、ルーズ)、オペレータ能力、機種別等の要因が掘削時間に強い影響を与えているようである。さらに土の状況(地山-ルーズ)の関係等を詳細に調べ、トラクタショベルの掘削機としての機能の限界について作業能力の点より検討する必要がある。

## (イ) ダンプトラックえの積込時間

表-16にトラクタショベルによってダンプトラックに積込みを行なう時間の各計測値を比較してみた。

建設機械化研究所のデータより2 sec前後の積込時間が推定され、またこのデータより各機械による機能的な影響も考えられるが時間が短かいので影響についての分析はできない。なおバケット容量の大きさによる影響、土の状況(地山-ルーズ)もダンプ積込時間には影響がないと思われる。

## (ロ) 待時間

待時間には積込方式による現場の状況(ダンプトラック入替)等によるもの、さらに今回の調査では各動作ごとのチェンジ時間について分析したので、これについて検討してみる。

表-16 トラクタショベルのダンプトラック積込時間比較表

| 整理番号 | 機種  | 調査<br>年月 | 製作<br>年月 | 機関作<br>業時最<br>大出力<br>(PS) | 運転整<br>備重量<br>(kg) | バケット<br>山積<br>容量<br>( $m^3$ ) | 試験<br>場所<br>※ | 試験時<br>の機械<br>の状況 | 土の<br>状態 | ダンプ積<br>込時間<br>※※<br>(sec) | 資料<br>数 |
|------|-----|----------|----------|---------------------------|--------------------|-------------------------------|---------------|-------------------|----------|----------------------------|---------|
| 1    | K-1 | 41.12    | 41.12    | 52                        | 3,300              | 0.4                           | A             | 性能試験              | ルーズ      | 1.6±0.2                    | 12      |
| 2    | M-1 | 41.6     | 41.6     | 35                        | 3,300              | 0.4                           | A             | ※                 | ※        | 2.0±0.2                    | 12      |
| 3    | C-2 | 41.5     | 41.5     | 108 <sup>※</sup>          | 11,800             | 1.34                          | A             | ※                 | ※        | 1.4±0.1                    | 12      |
| 4    | C-1 | 40.12    | 40.12    | 71                        | 10,800             | 1.15                          | A             | ※                 | ※        | 1.9±0.2                    | 16      |
| 5    | S   | 40.9     | 40.9     | 75                        | 10,155             | 1.1                           | A             | ※                 | ※        | 2.6±0.6                    | 9       |
| 6    | K-2 | 39.12    | 39.12    | 140                       | 16,000             | 1.7                           | A             | ※                 | ※        | 3.0±0.6                    | 18      |
| 7    | C-3 | 41.10    | 40.      | 108 <sup>※</sup>          | 11,600             | 1.34                          | B-1           | 現場試験              | ※        | 3.4±0.2                    | 12      |
| 8    | ※   | 42.3     | 40.      | ※                         | ※                  | ※                             | B-2           | ※                 | ※        | 4.7±0.4                    | 12      |
| 9    | K-3 | 41.12    | 38.12    | 125                       | 16,200             | 1.7                           | C             | 作業状態              | ※        | 4.7±0.4                    | 68      |
| 10   | M-2 | 40.11    | 38.12    | 115                       | 13,900             | 1.5                           | D             | ※                 | ※        | 4.6±0.6                    | 17      |
| 11   | ※   | ※        | ※        | ※                         | ※                  | ※                             | ※             | ※                 | 地山       | 4.2±0.3                    | 38      |

注) ※ 表-14に同じ

※※ 各数値の信頼係数は95%とした。

現地測定では積込方式はV型であった。現場は道路新設工事のオープンカット箇所であって作業場所が狭かった関係からダンプトラックの入替え時にかなり長い待時間を要した。したがって短期調査では次のダンプトラックが待期していてスムーズに入替えができた場合についてのサイクルタイムを測定したものである。他の各調査データにはチェンジ時間等の待時間は各動作の中に入り込んでいると思われるので、表-17に当研究室で測定したデータのみ示した。

表-17 トラクタショベル待時間測定表

単位 sec

| 積込方式 | ダンプ積込合計待時間 |          | チェンジ 時 間 |         |         | その他のチェンジ<br>及チェンジ以外の<br>待時間        | ダンプ積込3<br>サイクルの場合<br>1サイクル<br>平均待時間 |
|------|------------|----------|----------|---------|---------|------------------------------------|-------------------------------------|
|      | 第1サイクル     | 第2サイクル以後 | 前進→掘削    | 掘削→後退   | 前進→積込   |                                    |                                     |
| V 型  | 3.38±0.4   | 1.61±1.0 | 1.8±0.2  | 2.5±0.2 | 1.0±0.2 | (第1)28.5±8.8<br>(第2以後)<br>10.8±0.4 | 2.20±3.5                            |

注) 各数値の信頼係数は95%とした。

## (外) バケット容量

バケットに土を積込む場合掘削時間を少々かけてもバケットに充分積込んだ場合が当然作業量は増大するわけであり、常にバケットには充分に土を積込む方が望ましい。

したがってこのような状況のもとに積込作業を行っている場合の調査結果を比較検討した。

表-18 トラクタシヨベルのバケット積込容量比較表

| 整理番号 | 機種  | 機関作業時最大出力 (PS) | 運転整備重量 (kg) | 試験場所 *1 | 試験時の機械の状況 | バケット山積容量 (公称) (m³) | バケット実積込容量 (m³) *3       | バケット係数 | 資料数 |
|------|-----|----------------|-------------|---------|-----------|--------------------|-------------------------|--------|-----|
| 1    | K-1 | 32             | 3,300       | A       | 性能試験      | 0.4                | 0.53±0.03               | 1.33   | 12  |
| 2    | M-1 | 35             | 3,300       | A       | "         | 0.4                | 0.53±0.01               | 1.33   | 12  |
| 3    | C-2 | 108            | 11,800      | A       | "         | 1.34               | 1.79±0.07               | 1.34   | 12  |
| 4    | C-1 | 71             | 10,800      | A       | "         | 1.15               | 1.47±0.04               | 1.28   | 16  |
| 5    | S   | 75             | 10,155      | A       | "         | 1.1                | 1.45±0.07               | 1.32   | 9   |
| 6    | K-2 | 140            | 16,000      | A       | "         | 1.7                | 2.77±0.09               | 1.63   | 14  |
| 7    | C-3 | 108            | 11,600      | B-1     | 現場試験      | 1.34               | 1.49±0.05               | 1.11   | 12  |
| 8    | "   | "              | "           | B-2     | "         | 1.34               | 1.20±0.01               | 0.90   | 12  |
| 9    | K-3 | 125            | 16,200      | C       | 作業状態      | 1.7                | (1.70 m³)<br>2.4±0.1 *2 | 1.0    | 19  |
| 10   | M-2 | 115            | 13,900      | D       | "         | 1.5                | (1.83 m³)<br>1.6±0.1 *2 | 1.22   | 4   |
| 11   | "   | "              | "           | D       | "         | "                  | (1.95 m³)<br>1.7±0.1 *2 | 1.30   | 10  |

注) \*1 表-14に同じ  
 \*2 重量を示す(t)  
 \*3 表-15に同じ

表-18に各試験結果を示す。

建設機械化研究所の性能試験結果では実積込容量は各機種平均でバケット山積容量の約1.32倍となっているが、積込容量は土質とか含水比により大きく影響されるものと思われる。バケット係数に平均的な傾向がでていることは土質(含水比)が一定である場合バケット容積の増大は実際の積込土量の増大と直線相関があろう。

#### (4) 燃料消費量

燃料消費量については各サイクルの燃料消費量より時間当り燃料消費量を算定してみた。したがって機械が調査時と同じ作業を引き続き行なうとすれば使用するであろう燃料消費量を表わしている。表-19に算定結果を示す。

なお短期調査の各測定値は表-20に示すとおりである。

#### (5) 長期調査におけるトラクタシヨベルの作業能力の検討

##### (a) 実作業時間率, 作業量

トラクタシヨベルの作業中における機関回転速度, 作業状況の記録ができる回転記録計(レボグラフ), および燃料消費計(1ℓ単位)を短期調査を行った同じ機械にとりつけ, 長期間の機械の稼働状況を調査した。それとともにトラクタシヨベルの積込操作レバーにカウンターをとりつけ1日の積込回数の記録をとった。表-21に長期調査の測定結果および長期調査結果より算出した各データについて示す。各数値は実作業時間1時間以上の場合について計算し

表-19 トラクタショベル燃料消費量-負荷率比較表

| 整理番号 | 機種  | 運転整備重量 (kg) | 試験場所 *1 | 試験時の機械の状況 | 機関作業時最大出力 (PS)    | 作業最大出力時の燃費計算値 (l/h) | 時間当り燃料消費量 *4 (l/h) | 負荷率 (%) | 資料数 |
|------|-----|-------------|---------|-----------|-------------------|---------------------|--------------------|---------|-----|
| 1    | K-1 | 3,300       | A       | 性能試験      | 32                | 8.73                | 5.6±0.2            | 64.1    | 12  |
| 2    | M-1 | 3,300       | A       | "         | 35                | 8.83                | 5.2±0.2            | 58.9    | 12  |
| 3    | C-2 | 11,600      | A       | "         | 108 <sup>*2</sup> | 26.90 <sup>*2</sup> | 23.0±0.9           | 85.5    | 12  |
| 4    | C-1 | 10,800      | A       | "         | 71                | 17.92               | 15.0±0.3           | 83.7    | 16  |
| 5    | S   | 10,155      | A       | "         | 75                | 16.50               | 11.8±0.9           | 71.5    | 9   |
| 6    | K-2 | 16,000      | A       | "         | 140               | 26.95               | —                  | —       | —   |
| 7    | C-3 | 11,600      | B-1     | 現場試験      | 108 <sup>*2</sup> | 26.90 <sup>*2</sup> | 24.3±2.4           | 90.3    | 12  |
| 8    | "   | "           | B-2     | "         | "                 | 26.90 <sup>*2</sup> | 20.8±1.8           | 77.3    | 12  |
| 9    | K-3 | 16,200      | C       | 作業状態      | 125               | 28.40 <sup>*3</sup> | 20.8±0.9           | 73.2    | 68  |
| 10   | M-2 | 13,900      | D       | "         | 115               | 27.55               | —                  | —       | —   |
| 11   | "   | "           | "       | "         | "                 | 27.55               | —                  | —       | —   |

- 注) \*1 表-14に同じ  
 \*2 建設機械化研究所性能試験データより  
 \*3 燃料消費量  $190 \text{ g/PS-h}$ , 比重  $0.835$  で計算  
 \*4 時間当燃料消費量の計算は表-20より算出する。  
 各数値の信頼係数は95%とした。

た。なお調査機械、回転記録計に故障が多く十分な資料が得られなかったことを附記する。

#### 1) 実作業時間率

実作業時間率はアイドリング運転を含む機械の1日の運転時間に対する実作業時間を記録紙から読みとりその比率を実作業時間率として集計したものである。したがってその中にはわずかの作業待、休止時間も実作業時間として入っている。トラクタショベルは組合せ機械の関係等でかなり待時間があるようで、ブルドーザにくらべ実作業時間率が低く積込作業で57.3%となっている。検定の結果今回の調査では作業種別が異っても実作業時間率の差がみられない。全作業平均では55.4±3.8%となっている。

#### 2) 正味作業時間率

長時間の待時間または休止時間(30分以上)を除いた機械の作業時間に対して実作業時間の比率を算出してみた。この数値は実作業に対して主として組合せ機械による待時間と推定される。算定結果は71.1±2.6%である。

表 2-0 トラクシヨベル堀削積込作業調査表 1. (建設機械化研究所性能試験報告書より)

| 測 定<br>年月日     | メーカ分類<br>作業時<br>最大出力<br>(PS)         | 速 度 段<br>走行速度<br>(m/sec)         | パケッ<br>ト山積<br>容量<br>(m) | メーカ分類<br>一速度段<br>一積込方式 | 資<br>料<br>数 | 測 定 値 一 サイクル 当 り |                   |                   |                   |                               |                   |                  |                 |                               |  |
|----------------|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|--|
|                |                                      |                                  |                         |                        |             | 移動<br>距離<br>(m)  | 移動<br>時間<br>(sec) | 掘削<br>時間<br>(sec) | 排土<br>時間<br>(sec) | 待<br>時間<br>(sec)              | 時間<br>合計<br>(sec) | 燃料消<br>費量<br>(l) | 積込<br>重量<br>(t) | 積込<br>土量<br>(m <sup>3</sup> ) |  |
| 41.12.5        | 運輸整備<br>重量(kg)<br><br>最大けん<br>引力(kg) | 2 速<br><br>F1.08<br><br>R1.75    | 0.4                     | K <sub>1</sub> -2-V    | 3           | 16.2             | 13.0              | 3.7               | 1.6               |                               | 17.3              | 0.028            | 0.565           | 0.403                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 4           | #                | 12.4              | 3.1               | 1.6               |                               | 17.1              | 0.029            | 0.554           | 0.527                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 4           | #                | 12.8              | 3.4               | 1.6               |                               | 17.8              | 0.029            | 0.554           | 0.527                         |  |
|                | K 社                                  |                                  |                         | K <sub>1</sub> -2-L    | 4           | 13.2             | 13.3              | 2.9               | 1.2               |                               | 17.4              | 0.027            | 0.554           | 0.527                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 4           | #                | 13.5              | 2.9               | 1.4               |                               | 17.8              | 0.028            | 0.551           | 0.523                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 4           | #                | 14.0              | 3.0               | 1.2               |                               | 18.2              | 0.029            | 0.548           | 0.520                         |  |
|                | 32                                   |                                  |                         | K <sub>1</sub> -2-I    | 4           | 6.0              | * 9.2             | 3.3               | 2.1               | 後退時間<br>に<br>入る<br>1~2<br>sec | 14.6              | 0.020            | 0.574           | 0.547                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 4           | #                | * 9.6             | 3.5               | 1.8               |                               | 14.9              | 0.021            | 0.581           | 0.553                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 4           | #                | * 10.6            | 4.1               | 1.7               |                               | 16.4              | 0.023            | 0.621           | 0.593                         |  |
|                | 3,300                                |                                  |                         | K <sub>1</sub> -2-T    | 4           | 14.0             | 15.6              | 3.6               | 1.8               |                               | 21.0              | 0.033            | 0.564           | 0.537                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 4           | #                | 16.6              | 3.3               | 1.7               |                               | 21.6              | 0.035            | 0.564           | 0.537                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 4           | #                | 16.1              | 3.1               | 1.7               |                               | 20.9              | 0.033            | 0.539           | 0.513                         |  |
| 41.6.8<br>~9   | M 社                                  | 2 速<br><br>F-1.00<br><br>R-1.08  | 0.4                     | M-2-V                  | 3           | 17.2             | 16.6              | 3.6               | 2.5               |                               | 22.7              | 0.040            | 0.647           | 0.527                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 3           | #                | 17.8              | 4.0               | 2.0               |                               | 23.8              | 0.035            | 0.655           | 0.533                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 3           | #                | 18.3              | 4.1               | 2.1               |                               | 24.5              | 0.036            | 0.638           | 0.520                         |  |
|                | 35                                   |                                  |                         | M-2-L                  | 3           | 14.2             | 18.1              | 4.5               | 2.4               |                               | 25.0              | 0.037            | 0.700           | 0.570                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 3           | #                | 17.1              | 4.5               | 1.9               |                               | 23.5              | 0.034            | 0.640           | 0.520                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 3           | #                | 18.9              | 4.3               | 1.3               |                               | 24.5              | 0.033            | 0.648           | 0.527                         |  |
|                | 3,300                                |                                  |                         | M-2-I                  | 3           | 7.0              | * 11.8            | 4.5               | 2.1               | 前待<br>進合<br>ひ<br>ク<br>ン       | 18.4              | 0.027            | 0.688           | 0.560                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 3           | #                | * 11.3            | 4.2               | 1.7               |                               | 17.2              | 0.025            | 0.640           | 0.520                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 3           | #                | * 12.0            | 4.2               | 1.7               |                               | 17.9              | 0.025            | 0.645           | 0.523                         |  |
|                | 3,360                                |                                  |                         | M-2-T                  | 3           | 18.6             | 22.5              | 4.1               | 1.9               |                               | 28.5              | 0.039            | 0.645           | 0.523                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 3           | #                | 22.5              | 5.0               | 2.7               |                               | 30.2              | 0.040            | 0.675           | 0.550                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 3           | #                | 23.0              | 4.3               | 1.9               |                               | 29.2              | 0.041            | 0.658           | 0.537                         |  |
| 41.5.12<br>~13 | C 社<br>**<br>108                     | 2 速<br><br>F-1.75<br><br>R-2.139 | 1.34                    | C <sub>2</sub> -2-V    | 3           | 14.2             | 17.0              | 2.7               | 1.3               |                               | 21.0              | 0.135            | 2.247           | 1.873                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 3           | #                | 19.2              | 2.7               | 1.3               |                               | 23.2              | 0.150            | 2.302           | 1.917                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 3           | #                | 16.5              | 2.7               | 1.4               |                               | 20.6              | 0.135            | 2.230           | 1.860                         |  |
|                | 11,800                               |                                  |                         | C <sub>1</sub> -2-L    | 3           | 17.6             | 18.6              | 3.5               | 1.5               |                               | 23.6              | 0.156            | 2.253           | 1.877                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 3           | #                | 16.4              | 2.7               | 1.8               |                               | 20.9              | 0.137            | 1.957           | 1.630                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 3           | #                | 16.5              | 2.9               | 1.2               |                               | 20.6              | 0.140            | 2.057           | 1.713                         |  |
|                | 18,000                               |                                  |                         | C <sub>2</sub> -2-I    | 3           | 10.0             | * 12.0            | 3.0               | 3.2               |                               | 18.2              | 0.102            | 2.185           | 1.713                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 3           | #                | 9.4               | 3.6               | * 4.8             |                               | 17.8              | 0.102            | 2.402           | 1.883                         |  |
|                |                                      |                                  |                         |                        | 3           | #                | 9.5               | 3.6               | * 4.7             |                               | 18.1              | 0.106            | 2.402           | 1.883                         |  |
|                | C <sub>2</sub> -2-T                  |                                  |                         | 3                      | 16.5        | 18.4             | 4.0               | 1.4               |                   | 23.8                          | 0.159             | 2.062            | 1.617           |                               |  |
|                |                                      |                                  |                         | 3                      | #           | 19.4             | 3.5               | 1.7               |                   | 24.6                          | 0.163             | 2.302            | 1.807           |                               |  |
|                |                                      |                                  |                         | 3                      | #           | 20.4             | 3.5               | 1.4               |                   | 25.3                          | 0.168             | 2.137            | 1.677           |                               |  |

| 測定<br>年月日       | メーカー分類<br>作時出力<br>(PS)         | 速度段<br>走行速度<br>(m/sec)                      | バケット<br>積込容量<br>(m³) | メーカー分類<br>一速度段<br>積込方式 | 資料<br>数 | 測定値 — 1サイクル 当り  |                   |                   |                   |                   |                   |                  |                 |                  |  |
|-----------------|--------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|------------------------|---------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|------------------|--|
|                 |                                |                                             |                      |                        |         | 移動<br>距離<br>(m) | 移動<br>時間<br>(sec) | 掘削<br>時間<br>(sec) | 排土<br>時間<br>(sec) | 待機<br>時間<br>(sec) | 時間<br>合計<br>(sec) | 燃料消<br>費量<br>(l) | 積込<br>重量<br>(t) | 積込<br>土量<br>(m³) |  |
| 40.12.8<br>~9   | C 社<br>71<br>10,800<br>7,300   | 3 速<br>F-1.389<br>R-1.667                   | 1.15                 | C <sub>1</sub> -3-V    | 3       | 16.6            | 17.9              | 3.4               | 0.8               |                   | 22.1              | 0.093            | 1.883           | 1.477            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 3       | #               | 17.1              | 3.5               | 3.0               |                   | 23.6              | 0.097            | 1.830           | 1.437            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 3       | #               | 15.9              | 3.1               | 1.5               |                   | 20.5              | 0.087            | 1.823           | 1.430            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 3       | #               | 15.2              | 3.4               | 1.5               |                   | 20.1              | 0.083            | 1.783           | 1.397            |  |
|                 |                                |                                             |                      | C <sub>1</sub> -3-L    | 3       | 16.6            | 15.7              | 3.1               | 1.8               |                   | 20.6              | 0.087            | 1.700           | 1.370            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 3       | #               | 15.2              | 3.4               | 2.1               |                   | 20.7              | 0.087            | 1.770           | 1.427            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 3       | #               | 16.7              | 3.4               | 1.9               |                   | 22.0              | 0.090            | 1.893           | 1.503            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 3       | #               | 15.3              | 3.1               | 2.1               |                   | 20.5              | 0.090            | 1.951           | 1.540            |  |
|                 |                                |                                             |                      | C <sub>1</sub> -3-I    | 3       | 7.2             | 9.9               | 3.1               | 2.1               | 2.7               | 17.8              | 0.070            | 1.650           | 1.443            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 3       | #               | 9.6               | 2.9               | 2.2               | 3.0               | 17.7              | 0.073            | 1.720           | 1.507            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 3       | #               | 10.4              | 2.7               | 2.4               | 2.9               | 18.4              | 0.070            | 1.637           | 1.433            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 3       | #               | 10.1              | 2.9               | 2.0               | 3.5               | 18.5              | 0.070            | 1.723           | 1.507            |  |
|                 |                                |                                             |                      | C <sub>1</sub> -3-T    | 3       | 24.0            | 19.8              | 2.9               | 1.7               |                   | 24.4              | 0.103            | 1.727           | 1.507            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 3       | #               | 21.2              | 3.0               | 1.9               |                   | 26.1              | 0.110            | 1.747           | 1.523            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 3       | #               | 21.3              | 3.1               | 1.6               |                   | 26.0              | 0.117            | 1.873           | 1.667            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 3       | #               | 21.1              | 2.7               | 1.9               |                   | 25.7              | 0.110            | 1.590           | 1.413            |  |
| 40.9.21<br>~22  | S 社<br>75<br>10,155<br>8,100   | 3 速<br>F-1.078<br>R-1.539                   | 1.1                  | S-3-V                  | 3       | 18.0            | 16.5              | 6.7               | 2.6               |                   | 25.8              | 0.087            | 1.537           | 1.323            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 3       | #               | 18.1              | 7.0               | 4.1               |                   | 29.2              | 0.097            | 1.733           | 1.487            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 3       | #               | 16.1              | 6.3               | 2.5               |                   | 24.9              | 0.083            | 1.763           | 1.473            |  |
|                 |                                |                                             |                      | S-3-L                  | 3       | 14.0            | 15.6              | 6.0               | 3.5               |                   | 25.1              | 0.087            | 1.857           | 1.577            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 3       | #               | 15.8              | 6.9               | 2.1               |                   | 24.8              | 0.093            | 1.663           | 1.360            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 3       | #               | 17.4              | 7.1               | 2.2               |                   | 26.7              | 0.093            | 1.743           | 1.380            |  |
|                 |                                |                                             |                      | S-3-T                  | 3       | 18.0            | 20.4              | 8.3               | 1.7               |                   | 30.4              | 0.087            | 1.613           | 1.373            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 3       | #               | 21.9              | 10.3              | 1.7               |                   | 33.9              | 0.110            | 1.880           | 1.603            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 3       | #               | 23.0              | 9.1               | 2.7               |                   | 34.8              | 0.093            | 1.677           | 1.453            |  |
| 39.12.18<br>~19 | K 社<br>140<br>16,000<br>14,980 | 2 速<br>F-1.153<br>3 速<br>F-1.689<br>R-2.186 | 1.7                  | K <sub>2</sub> -3-V    | 6       | 22.2            | 20.7              | 4.1               | 2.2               |                   | 27.0              | —                | —               | 2.833            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 6       | #               | 20.0              | 3.6               | 2.0               |                   | 25.6              | —                | —               | 2.533            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 6       | 22.8            | 22.9              | 4.8               | 2.1               |                   | 29.8              | —                | —               | 2.755            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 6       | #               | 21.4              | 5.8               | 2.3               |                   | 29.5              | —                | —               | 2.577            |  |
|                 |                                |                                             |                      | K <sub>2</sub> -3-V    | 6       | 20.8            | 23.7              | 3.3               | 2.8               |                   | 29.8              | —                | —               | 2.550            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 6       | #               | 24.6              | 4.0               | 4.1               |                   | 29.2              | —                | —               | 2.608            |  |
|                 |                                |                                             |                      | K <sub>2</sub> -3-L    | 6       | 22.6            | 20.0              | 2.5               | 1.8               |                   | 24.3              | —                | —               | 3.003            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 6       | 22.0            | 20.8              | 2.3               | 2.2               |                   | 25.3              | —                | —               | 2.957            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 6       | 22.8            | 19.0              | 3.0               | 2.2               |                   | 29.0              | —                | —               | 2.907            |  |
|                 |                                |                                             |                      | K <sub>2</sub> -3-L    | 6       | 22.4            | 19.4              | 6.5               | 1.8               |                   | 27.7              | —                | —               | 2.778            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 6       | 21.8            | 23.2              | 2.8               | 2.3               |                   | 28.3              | —                | —               | 2.948            |  |
|                 |                                |                                             |                      |                        | 6       | 21.8            | 23.6              | 3.6               | 2.1               |                   | 29.3              | —                | —               | 2.767            |  |

| 測 定<br>年月日 | メーカ分類<br>作業時<br>最大出力<br>(PS)           | 速 度 段<br>走行速度<br>( $\frac{m}{sec}$ ) | バック<br>山積<br>容量<br>( $m^3$ ) | メーカ分類<br>一速度段<br>一積込方式     | 資<br>料<br>数 | 測 定 値 一 1サイクル 当 り |                     |                       |                       |                      |                       |                      |                    |                       |  |
|------------|----------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------|-------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|--|
|            |                                        |                                      |                              |                            |             | 移動<br>距離          | 移動<br>時間<br>( $m$ ) | 掘削<br>時間<br>( $sec$ ) | 排土<br>時間<br>( $sec$ ) | 待<br>時間<br>( $sec$ ) | 時間<br>合計<br>( $sec$ ) | 燃料消費<br>量<br>( $l$ ) | 積込<br>量<br>( $t$ ) | 積込<br>土量<br>( $m^3$ ) |  |
|            | 運転整備<br>( $kg$ )<br>最大けん<br>引力( $kg$ ) |                                      |                              | $K_2-3-I$                  | 2           | 10.0              | 12.0                | 2.8                   | 3.0                   |                      | 17.8                  | —                    | 3400               | 2795                  |  |
|            |                                        |                                      |                              |                            | 2           | 10.3              | 3.1                 | 5.0                   |                       | 18.4                 | —                     | 3400                 | 2795               |                       |  |
|            |                                        |                                      |                              |                            | 2           | 10.7              | 2.9                 | 3.4                   |                       | 17.0                 | —                     | 3400                 | 2795               |                       |  |
|            |                                        |                                      |                              |                            | 2           | 10.0              | 13.4                | $\Delta 3.4$          | 5.2                   |                      | 22.0                  | —                    | 3310               | 2720                  |  |
|            |                                        |                                      |                              |                            | 2           | 14.5              | $\Delta 4.4$        | 4.3                   |                       | 23.2                 | —                     | 3310                 | 2720               |                       |  |
|            |                                        |                                      |                              |                            | 2           | 12.9              | $\Delta 3.4$        | 5.1                   |                       | 21.4                 | —                     | 3310                 | 2720               |                       |  |
|            |                                        |                                      |                              | $K_2 \leq \frac{2}{3} > I$ |             |                   |                     |                       |                       |                      |                       |                      |                    |                       |  |
|            |                                        |                                      |                              |                            |             |                   |                     |                       |                       |                      |                       |                      |                    |                       |  |

表-20 トラクションベル掘削積込作業調査表 2.(地建資料 中国地建、広島技術技報より)  
3.(当所現地調査資料 関東地建、笠間改良工事)

|                            |                                     |                         |      |                       |   |     |     |     |     |      |      |       |      |      |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------|-----------------------|---|-----|-----|-----|-----|------|------|-------|------|------|
| 41.10.20<br>(中国地建)<br>広島技術 | C社<br>**<br>108<br>11,600<br>18,000 | 2速<br>F-1.75<br>R-2.194 | 1.34 | $O_3-2-V$             | 3 | 200 | 221 | 4.9 | 3.4 |      | 30.4 | 0.200 | 2350 | 1533 |
|                            |                                     |                         |      |                       | 3 | 198 | 210 | 6.1 | 4.4 |      | 31.5 | 0.200 | 2460 | 1533 |
|                            |                                     |                         |      |                       | 3 | 236 | 216 | 6.9 | 3.3 |      | 31.8 | 0.200 | 2463 | 1567 |
|                            |                                     |                         |      | $O_3-2-L$             | 3 | 240 | 234 | 4.4 | 3.2 |      | 31.0 | 0.267 | 2233 | 1400 |
|                            |                                     |                         |      |                       | 3 | 204 | 216 | 5.9 | 3.5 |      | 30.0 | 0.233 | 2303 | 1367 |
|                            |                                     |                         |      |                       | 3 | 244 | 232 | 5.4 | 3.2 |      | 31.8 | 0.200 | 2527 | 1467 |
|                            |                                     |                         |      | $O_3-2-I$             | 3 | 220 | 133 | 5.3 | 3.3 | 1.6  | 23.5 | 0.133 | 2443 | 1533 |
|                            |                                     |                         |      |                       | 3 | 160 | 145 | 5.8 | 3.5 | 2.6  | 26.4 | 0.167 | 2260 | 1500 |
|                            |                                     |                         |      |                       | 3 | 240 | 182 | 4.6 | 3.7 | 0.8  | 27.3 | 0.133 | 2430 | 1603 |
|                            |                                     |                         |      | $O_3-2-T$             | 3 | 280 | 295 | 5.1 | 2.9 |      | 37.5 | 0.300 | 2447 | 1533 |
|                            |                                     |                         |      |                       | 3 | 210 | 285 | 6.3 | 3.0 |      | 37.8 | 0.300 | 2410 | 1400 |
|                            |                                     |                         |      |                       | 3 | 256 | 344 | 4.9 | 3.2 |      | 42.5 | 0.267 | 2350 | 1433 |
| 42.3.24<br>(中国地建)<br>広島技術  | C社<br>**<br>108<br>11,600<br>18,000 | 2速<br>F-1.75<br>R-2.194 | 1.34 | $O_4-2-V$             | 3 | 220 | 224 | 6.1 | 5.5 |      | 34.0 | 0.233 | 2577 | 1572 |
|                            |                                     |                         |      |                       | 2 | 200 | 221 | 4.5 | 4.6 |      | 31.2 | 0.150 | 2705 | 1017 |
|                            |                                     |                         |      |                       | 2 | 220 | 221 | 5.9 | 4.6 |      | 32.6 | 0.200 | 2775 | 1060 |
|                            |                                     |                         |      | $O_4-2-L$             | 2 | 210 | 188 | 5.5 | 5.3 |      | 29.6 | 0.150 | 2545 | 0980 |
|                            |                                     |                         |      |                       | 2 | 210 | 201 | 4.5 | 4.5 |      | 29.1 | 0.150 | 2690 | 1090 |
|                            |                                     |                         |      |                       | 2 | 200 | 181 | 5.1 | 4.0 |      | 27.2 | 0.150 | 2960 | 1250 |
|                            |                                     |                         |      | $O_4-2-I$             | 2 | 160 | 149 | 6.5 | 4.4 |      | 25.8 | 0.200 | 2855 | 1124 |
|                            |                                     |                         |      |                       | 2 | 140 | 141 | 7.3 | 5.4 |      | 26.8 | 0.150 | 2975 | 1240 |
|                            |                                     |                         |      |                       | 2 | 156 | 135 | 7.0 | 5.7 |      | 26.2 | 0.150 | 3325 | 1302 |
|                            |                                     |                         |      | $O_4-2-T$             | 2 | 220 | 292 | 4.5 | 4.2 |      | 37.9 | 0.200 | 2770 | 1201 |
|                            |                                     |                         |      |                       | 2 | 200 | 265 | 5.5 | 3.9 |      | 35.9 | 0.200 | 2905 | 1167 |
|                            |                                     |                         |      |                       | 2 | 200 | 258 | 4.3 | 3.9 |      | 34.5 | 0.200 | 3040 | 1233 |
| 41.12.22                   | K社<br>125<br>16,200<br>14,980       | 3速<br>F-1.689<br>R2.186 | 1.7  | 測定分類<br>一速度段<br>一積込方式 | 1 | 100 | 91  | 4.8 | 2.7 | 13.7 | 30.3 | 0.240 | 2290 | 1622 |
|                            |                                     |                         |      |                       | 1 | 120 | 103 | 3.8 | 2.8 | 13.9 | 30.8 | 0.230 | 2290 | 1622 |
|                            |                                     |                         |      | $A_2-3-V$             | 1 | 100 | 101 | 3.3 | 4.3 | 15.7 | 33.4 | 0.270 | 2290 | 1622 |
|                            |                                     |                         |      |                       | 1 | 90  | 71  | 3.5 | 5.2 | 20.2 | 36.0 | 0.200 | 2061 | 1460 |
|                            |                                     |                         |      | $A_3-3-V$             | 1 | 120 | 102 | 3.7 | 5.0 | 10.3 | 29.2 | 0.180 | 2061 | 1460 |
|                            |                                     |                         |      |                       | 1 | 80  | 71  | 2.7 | 5.2 | 5.6  | 20.6 | 0.190 | 2061 | 1460 |

| 測 定<br>年月日 | メーカー分類<br>作業時<br>最大出力          | 速 度 段<br>走行速度<br>(m/sec)  | バケット<br>山積<br>容量<br>(m³) | 測定分類<br>一速度段<br>一積込方式 | 資<br>料<br>数 | 測 定 値 — 1サイクル当り |                   |                   |                   |                  |                   |                   |                 |                  |  |
|------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------|------------------|--|
|            |                                |                           |                          |                       |             | 移動<br>距離<br>(m) | 移動<br>時間<br>(sec) | 掘削<br>時間<br>(sec) | 排土<br>時間<br>(sec) | 待<br>時間<br>(sec) | 時間<br>合計<br>(sec) | 燃 料<br>消費量<br>(ℓ) | 積込<br>重量<br>(t) | 積込<br>土量<br>(m³) |  |
| 41.12.22   | K 社<br>125<br>16,200<br>14,980 | 3 速<br>R-1,689<br>R-2,186 | 1.7                      | A <sub>4</sub> -3-V   | 1           | 11.0            | 11.0              | 3.1               | 5.8               | 12.0             | 38.9              | 0.260             | 2.246           | 1.591            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 12.0            | 10.2              | 3.2               | 5.6               | 14.5             | 33.5              | 0.240             | 2.246           | 1.591            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 6.0             | 8.9               | 4.6               | 6.9               | 18.7             | 3.91              | 0.240             | 2.246           | 1.591            |  |
|            |                                |                           |                          | A <sub>5</sub> -5-V   | 1           | 12.0            | 12.0              | 4.0               | 3.4               | 17.5             | 36.9              | 0.210             | 2.140           | 1.516            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 10.0            | 12.5              | 4.9               | 5.0               | 18.0             | 40.4              | 0.220             | 2.140           | 1.516            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 10.0            | 9.9               | 3.7               | 7.3               | 18.4             | 39.3              | 0.190             | 2.140           | 1.516            |  |
|            |                                |                           |                          | A <sub>6</sub> -3-V   | 1           | 9.0             | 8.4               | 3.5               | 6.3               | 18.8             | 37.0              | 0.190             | 2.140           | 1.516            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 8.0             | 10.0              | 4.3               | 6.0               | 27.0             | 47.3              | 0.310             | 2.367           | 1.677            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 8.0             | 9.9               | 4.0               | 7.5               | 16.9             | 38.3              | 0.250             | 2.367           | 1.677            |  |
|            |                                |                           |                          | A <sub>7</sub> -3-V   | 1           | 10.0            | 11.8              | 4.5               | 6.4               | 13.3             | 36.0              | 0.280             | 2.367           | 1.677            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 10.0            | 10.3              | 4.0               | 5.3               | 15.0             | 34.6              | 0.210             | 1.908           | 1.351            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 8.0             | 10.2              | 2.7               | 3.1               | 22.8             | 38.8              | 0.270             | 1.908           | 1.351            |  |
|            |                                |                           |                          | A <sub>8</sub> -5-V   | 1           | 8.0             | 10.9              | 4.6               | 3.1               | 14.0             | 32.6              | 0.230             | 1.908           | 1.351            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 12.0            | 9.6               | 3.9               | 4.7               | 10.2             | 28.4              | 0.190             | 1.908           | 1.351            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 13.0            | 14.0              | 5.0               | 3.3               | 14.5             | 36.8              | 0.230             | 2.121           | 1.502            |  |
|            |                                |                           |                          | A <sub>9</sub> -3-V   | 1           | 12.0            | 13.4              | 3.7               | 1.9               | 14.9             | 33.9              | 0.200             | 2.121           | 1.502            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 13.0            | 13.8              | 4.4               | 2.8               | 15.8             | 36.8              | 0.230             | 2.121           | 1.502            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 12.0            | 15.1              | 4.5               | 3.7               | 17.7             | 41.0              | 0.290             | 2.121           | 1.502            |  |
|            |                                |                           |                          | A <sub>10</sub> -5-V  | 1           | 12.0            | 16.7              | 5.9               | 3.2               | 16.5             | 42.3              | 0.250             | 2.121           | 1.502            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 12.0            | 17.3              | 4.1               | 4.0               | 10.7             | 36.1              | 0.250             | 2.121           | 1.502            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 15.0            | 15.8              | 3.5               | 6.1               | 17.8             | 43.2              | 0.210             | 2.181           | 1.545            |  |
|            |                                |                           |                          | A <sub>11</sub> -3-V  | 1           | 16.0            | 14.6              | 3.3               | 5.9               | 16.6             | 40.4              | 0.220             | 2.181           | 1.545            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 19.0            | 15.1              | 3.3               | 5.3               | 15.0             | 38.7              | 0.210             | 2.181           | 1.545            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 21.0            | 17.1              | 3.7               | 4.3               | 10.3             | 35.4              | 0.210             | 2.181           | 1.545            |  |
|            |                                |                           |                          | A <sub>12</sub> -3-V  | 1           | 12.0            | 13.2              | 3.2               | 8.5               | 30.4             | 55.3              | 0.260             | 2.578           | 1.826            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 10.0            | 13.4              | 3.8               | 4.6               | 16.6             | 38.4              | 0.230             | 2.578           | 1.826            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 12.0            | 11.7              | 2.9               | 5.7               | 18.5             | 38.8              | 0.190             | 2.578           | 1.826            |  |
|            |                                |                           |                          | A <sub>13</sub> -3-V  | 1           | 17.0            | 15.5              | 9.2               | 4.9               | 24.7             | 54.3              | 0.270             | 2.182           | 1.546            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 20.0            | 15.5              | 2.5               | 5.3               | 9.4              | 32.7              | 0.200             | 2.182           | 1.546            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 14.0            | 16.4              | 4.8               | 3.2               | 15.6             | 40.0              | 0.230             | 2.182           | 1.546            |  |
|            |                                |                           |                          | A <sub>14</sub> -3-V  | 1           | 15.0            | 16.9              | 5.4               | 3.5               | 11.7             | 37.5              | 0.220             | 2.182           | 1.546            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 14.0            | 14.2              | 3.5               | 3.6               | 31.9             | 53.2              | 0.250             | 2.445           | 1.732            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 18.0            | 14.4              | 3.2               | 2.6               | 13.3             | 33.5              | 0.190             | 2.445           | 1.732            |  |
|            |                                |                           |                          | A <sub>15</sub> -3-V  | 1           | 16.0            | 15.3              | 4.6               | 5.3               | 11.9             | 37.1              | 0.180             | 2.445           | 1.732            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 18.0            | 15.1              | 4.3               | 6.2               | 28.8             | 54.4              | 0.250             | 2.757           | 1.953            |  |
|            |                                |                           |                          |                       | 1           | 18.0            | 15.2              | 4.5               | 1.9               | 12.3             | 33.9              | 0.210             | 2.757           | 1.953            |  |
|            |                                |                           |                          | A <sub>17</sub> -3-V  | 1           | 16.0            | 14.5              | 4.0               | 5.6               | 15.8             | 39.9              | 0.240             | 2.757           | 1.953            |  |

| 測定<br>年月日 | メーカー分類作業時<br>最大出力<br>(PS)        | 速度段<br>走行速度<br>(m/sec)          | バケット<br>山積<br>容量<br>(m³) | 測定分類<br>速度段<br>積込方式  | 資料<br>数 | 測定値 — 1サイクル 当り  |                   |                   |                   |                  |                   |                  |                 |                  |  |
|-----------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------|---------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-----------------|------------------|--|
|           |                                  |                                 |                          |                      |         | 移動<br>距離<br>(m) | 移動<br>時間<br>(sec) | 掘削<br>時間<br>(sec) | 排土<br>時間<br>(sec) | 待<br>時間<br>(sec) | 時間<br>合計<br>(sec) | 燃料消<br>費量<br>(ℓ) | 積込<br>重量<br>(t) | 積込<br>土量<br>(m³) |  |
| 4.1.12.23 | 運輸設備<br>重量(kg)<br>最大けん<br>引力(kg) | 3 速<br><br>F-1689<br><br>R-2186 | 1.7                      | B <sub>3</sub> -3-V  | 1       | 16.0            | 14.5              | 1.7               | 6.3               | 29.4             | 51.9              | 0.220            | 2.291           | 1.623            |  |
|           |                                  |                                 |                          |                      | 1       | 18.0            | 14.6              | 3.7               | 5.9               | 20.0             | 44.2              | 0.210            | 2.291           | 1.623            |  |
|           |                                  |                                 |                          |                      | 1       | 16.0            | 14.3              | 8.0               | 5.6               | 20.8             | 48.7              | 0.230            | 2.291           | 1.623            |  |
|           |                                  |                                 |                          |                      | 1       | 17.0            | 15.4              | 3.4               | 6.4               | 22.7             | 47.9              | 0.230            | 2.291           | 1.623            |  |
|           |                                  |                                 |                          | B <sub>4</sub> -3-V  | 1       | 15.0            | 14.5              | 4.5               | 5.1               | 47.1             | 71.2              | 0.320            | 2.550           | 1.806            |  |
|           |                                  |                                 |                          |                      | 1       | 19.0            | 16.9              | 4.9               | 2.3               | 16.7             | 40.8              | 0.220            | 2.550           | 1.806            |  |
|           |                                  |                                 |                          |                      | 1       | 22.0            | 14.6              | 4.8               | 7.2               | 20.4             | 47.0              | 0.240            | 2.550           | 1.806            |  |
|           |                                  |                                 |                          | B <sub>11</sub> -3-V | 1       | 16.0            | 14.1              | 4.5               | 5.4               | 68.5             | 92.5              | 0.460            | 2.773           | 1.964            |  |
|           |                                  |                                 |                          |                      | 1       | 18.0            | 15.3              | 8.3               | 7.4               | 15.2             | 46.2              | 0.260            | 2.773           | 1.964            |  |
|           |                                  |                                 |                          |                      | 1       | 18.0            | 17.0              | 3.2               | 4.6               | 12.2             | 37.0              | 0.230            | 2.773           | 1.964            |  |
|           |                                  |                                 |                          |                      | 1       | 18.0            | 16.7              | 2.7               | 3.6               | 13.0             | 36.2              | 0.210            | 2.773           | 1.964            |  |
|           |                                  |                                 |                          | B <sub>12</sub> -3-V | 1       | 16.0            | 13.8              | 5.2               | 6.2               | 26.2             | 51.4              | 0.250            | 2.655           | 1.881            |  |
|           |                                  |                                 |                          |                      | 1       | 19.0            | 14.8              | 2.9               | 3.2               | 16.0             | 36.9              | 0.220            | 2.655           | 1.881            |  |
|           |                                  |                                 |                          |                      | 1       | 20.0            | 15.9              | 5.5               | 3.1               | 16.9             | 41.4              | 0.280            | 2.655           | 1.881            |  |
|           |                                  |                                 |                          | B <sub>22</sub> -3-V | 1       | 13.0            | 10.2              | 4.2               | 7.3               | 14.4             | 36.1              | 0.210            | 2.824           | 2.000            |  |
|           |                                  |                                 |                          |                      | 1       | 13.0            | 14.2              | 3.8               | 2.4               | 21.9             | 42.3              | 0.210            | 2.824           | 2.000            |  |
|           |                                  |                                 |                          |                      | 1       | 13.0            | 12.3              | 4.1               | 3.6               | 22.4             | 42.4              | 0.200            | 2.824           | 2.000            |  |
|           |                                  |                                 |                          | B <sub>24</sub> -3-V | 1       | 13.0            | 12.8              | 10.6              | 2.6               | 20.7             | 46.7              | 0.220            | 2.555           | 1.810            |  |
|           |                                  |                                 |                          |                      | 1       | 18.0            | 16.6              | 5.3               | 1.2               | 21.6             | 44.7              | 0.190            | 2.555           | 1.810            |  |
|           |                                  |                                 |                          |                      | 1       | 13.0            | 13.1              | 7.7               | 2.7               | 18.2             | 41.7              | 0.210            | 2.555           | 1.810            |  |

- 注) 1. \* ダンプトラック待時間を含む  
 2. ○ Smirnov の方法により棄却  
 3. △ 掘削のみ2速を使用  
 4. \*\* 建設機械化研究所性能試験データより

表-21 トラクション・ベル長期調査集計表

|     | 実作業時間率<br>(%) |          | 正味作業時間率<br>(%) *1 |          | 時間当<br>作業量<br>(m/h) | 時間当燃料消費量<br>(ℓ/h) |          | 調査期間作業種別日数及比率 |     |     |     |     |     |
|-----|---------------|----------|-------------------|----------|---------------------|-------------------|----------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|     | b             | a, d     | b                 | a, d     |                     | b                 | a, d     | b             | c   | d   | F   | g   | 計   |
| 工種  | b             | a, d     | b                 | a, d     | b                   | b                 | a, d     | 日             | 日   | 日   | 日   | 日   | 日   |
| 資料数 | 17            | 9        | 17                | 9        | 16                  | 9                 | 9        | 18            | 4   | 9   | 41  | 10  | 82  |
| 計算値 | 57.3±4.0      | 51.9±8.5 | 71.8±3.2          | 69.7±5.1 | 112.0±8.2           | 20.9±1.3          | 21.3±2.2 |               |     |     |     |     |     |
| 工種  | 全工種           |          | 全工種               |          | —                   | 全工種               |          | (例)           | (例) | (例) | (例) | (例) | %   |
| 資料数 | 26            |          | 26                |          | —                   | 18                |          | 219           | 49  | 110 | 500 | 122 | 100 |
| 計算値 | 55.4±3.8      |          | 71.1±2.6          |          | —                   | 21.1±1.2          |          |               |     |     |     |     |     |

注) \*1 正味作業時間率 =  $\frac{\text{実作業時間}}{\text{作業時間}}$

\*2 工種(作業種別) b: ルーズ土積込

c: 材料運搬

d: 法 切

F: 修理整備

G: 休 止

h: その他作業

\*3 各数値の信頼係数は95%とした。

### 3) 時間当り作業量

時間当り作業量は1日1時間以上積込作業を行った場合の調査資料から時間当りの作業量を求めた。ルーズ土の積込作業の回数をオペレータにカウンターによる積算記録させ、短期調査の実績によるバケット容量(重量)を平均単位体積重量で割って求めた積込容量

$\frac{2.4t}{1.41} = 1.70m^3$  で計算したもので信頼係数95%で  $112.0 \pm 8.2m^3$  となった。

#### (ロ) 燃料消費量

長期調査における燃料消費量は回転記録計に1ℓごとに自動記録されているものから読みとった。表-21に示した時間当り燃料消費量は実作業時間とその間の使用燃料から算定したもので、ルーズ土積込作業においては  $20.9 \pm 1.3 \ell/h$  となっている。検定の結果今回の調査では作業種別による差は認められなく、全平均は  $21.1 \pm 1.2 \ell/h$  となっている。なお長期調査の各測定値を表-22に示す。

表-22 トラクタシヨベル長期調査測定表

| 年月日        | 機械現場拘束時間<br>(h-m)<br>A | 休止時間<br>(h-m)<br>B | 機械運転時間<br>(h-m)<br>C | 全燃料消費量<br>(ℓ)<br>D | 作業時間(30分以上のアイドリング含む)<br>(h-m)<br>E | 実作業時間<br>(h-m)<br>F | 燃料消費量(実作業時間)<br>(ℓ)<br>G | 時間当り燃料消費量<br>(ℓ/h)<br>H=G/F | 実作業時間率<br>(%)<br>I=P/F | 作業量<br>(m)<br>J | 時間当り作業量<br>(m)<br>K=J/H | 正味作業時間率<br>(%)<br>L=P/E | 作業種別<br>※ |
|------------|------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------|
| 41. 12. 24 | 6-20                   | 1-05               | 5-15                 | 65                 | 4-50                               | 3-40                | 65                       | 17.70                       | 69.8                   | 520.2           | 14.19                   | 75.9                    | b         |
| 25         | 7-20                   | 1-30               | 5-50                 | 70                 | 4-10                               | 3-30                | 70                       | 20.00                       | 60.0                   | 413.1           | 11.80                   | 84.0                    | b         |
| 26         | 9-05                   | 1-15               | 7-50                 | 82                 | 6-05                               | 4-10                | 80                       | 19.20                       | 53.2                   | 487.9           | 11.71                   | 68.5                    | b         |
| 27         | 8-40                   | 1-55               | 6-45                 | 82                 | 5-25                               | 4-00                | 80                       | 20.00                       | 59.3                   | 370.6           | 9.27                    | 73.8                    | b         |
| 28. 1. 31  | —                      | —                  | —                    | —                  | —                                  | —                   | —                        | —                           | —                      | —               | —                       | —                       | g         |
| 42. 1. 4   | —                      | —                  | —                    | —                  | —                                  | —                   | —                        | —                           | —                      | —               | —                       | —                       | g         |
| 5. 15      | —                      | —                  | —                    | —                  | —                                  | —                   | —                        | —                           | —                      | —               | —                       | —                       | f         |
| 16         | 2-20                   | 0                  | 2-20                 | —                  | 1-45                               | 1-20                | —                        | —                           | 57.1                   | 122.4           | 91.8                    | 76.2                    | b         |
| 17         | 13-10                  | 2-35               | 10-35                | —                  | 8-25                               | 6-50                | —                        | —                           | 64.6                   | 748.0           | 109.5                   | 81.2                    | b         |

| 年月日       | 機械現場拘束時間<br>(h-m)<br>A | 休止時間<br>(h-m)<br>B | 機関運転時間<br>(h-m)<br>C | 全燃料消費量<br>(l)<br>D | 作業時間<br>(30分以上のアイロニング含む)<br>(h-m)<br>E | 実作業時間<br>(h-m)<br>F | 燃料消費量<br>(l)<br>G | 時間当燃料消費量<br>(l/h)<br>H=G/F | 実作業時間率<br>(%)<br>I=F/E | 作業量<br>(m³)<br>J | 時間当作業量<br>(m³/h)<br>K | 正味作業時間率<br>(%)<br>L | 作業種別<br>※ |
|-----------|------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------------------------|---------------------|-------------------|----------------------------|------------------------|------------------|-----------------------|---------------------|-----------|
| 42. 1. 18 | 13-10                  | 2-10               | 11-00                | —                  | 6-45                                   | 5-00                | —                 | —                          | 59.1                   | 732.7            | 112.7                 | 75.7                | b         |
| 19        | 14-00                  | 2-10               | 11-50                | —                  | 8-40                                   | 6-15                | —                 | —                          | 52.8                   | 770.1            | 123.2                 | 72.1                | b         |
| 20        | 13-30                  | 2-10               | 11-20                | —                  | 9-50                                   | 7-05                | —                 | —                          | 62.5                   | 744.6            | 105.1                 | 72.0                | b         |
| 21        | 13-40                  | 2-40               | 11-10                | —                  | 11-00                                  | 7-35                | —                 | —                          | 68.9                   | 860.2            | 113.4                 | 68.9                | b         |
| 22        | 15-10                  | —                  | —                    | —                  | —                                      | —                   | —                 | —                          | —                      | 712.3            | —                     | —                   | b<br>計器故障 |
| 23        | 5-35                   | 0-55               | 4-40                 | —                  | 4-00                                   | 2-40                | —                 | —                          | 57.1                   | 285.6            | 107.1                 | 66.7                | b         |
| 24        | 12-50                  | 2-30               | 10-20                | —                  | 7-55                                   | 5-30                | —                 | —                          | 53.2                   | 821.1            | 149.3                 | 69.5                | b         |
| 25        | 2-40                   | 0                  | 2-40                 | 23                 | 2-00                                   | 1-15                | 19                | 228.0                      | 46.9                   | 137.7            | 110.2                 | 62.5                | b         |
| 26        | 10-10                  | 3-50               | 7-20                 | 56                 | 3-50                                   | 2-55                | 52                | 215.2                      | 39.8                   | 285.6            | 97.9                  | 76.1                | b         |
| 27        | 7-10                   | 3-15               | 3-55                 | —                  | 2-10                                   | 1-30                | 27                | 24.2                       | 38.3                   | —                | —                     | 69.2                | d         |
| 28<br>31  | —                      | —                  | —                    | —                  | —                                      | —                   | —                 | —                          | —                      | —                | —                     | —                   | f         |
| 42. 2. 1  | —                      | —                  | —                    | —                  | —                                      | —                   | —                 | —                          | —                      | —                | —                     | —                   | f         |
| 15        | —                      | —                  | —                    | —                  | —                                      | —                   | —                 | —                          | —                      | —                | —                     | —                   | f         |
| 16        | 6-00                   | 1-55               | 4-05                 | 24                 | 1-15                                   | 0-20                | 11                | 33.00                      | 8.2                    | —                | —                     | 26.7                | d         |
| 17        | —                      | —                  | —                    | —                  | —                                      | —                   | —                 | —                          | —                      | —                | —                     | —                   | f         |
| 18        | 2-45                   | 0                  | 2-45                 | 18                 | 1-00                                   | 0-08                | 7                 | 52.50                      | 4.8                    | —                | —                     | 13.3                | d         |
| 19        | 13-40                  | 1-00               | 12-40                | 142                | 9-00                                   | 5-45                | 127               | 22.09                      | 45.4                   | 550.8            | 95.8                  | 63.9                | b         |
| 20        | 8-45                   | 1-00               | 7-45                 | 110                | 6-45                                   | 5-00                | 112               | 22.4                       | 64.5                   | 532.1            | 106.4                 | 74.1                | b         |
| 21        | 6-10                   | 1-15               | 4-55                 | 68                 | 4-55                                   | 2-55                | 66                | 22.63                      | 59.3                   | —                | —                     | 59.3                | b         |
| 22        | —                      | —                  | —                    | —                  | —                                      | —                   | —                 | —                          | —                      | —                | —                     | —                   | c         |
| 23        | 13-45                  | 3-25               | 10-20                | 149                | 10-20                                  | 7-00                | 151               | 21.57                      | 67.7                   | —                | —                     | 67.7                | c         |
| 24        | —                      | —                  | —                    | —                  | —                                      | —                   | —                 | —                          | —                      | —                | —                     | —                   | g         |
| 25        | —                      | —                  | —                    | —                  | —                                      | —                   | —                 | —                          | —                      | —                | —                     | —                   | g         |
| 26        | 6-00                   | 1-45               | 4-15                 | 86                 | 3-15                                   | 2-20                | 54                | 23.14                      | 54.9                   | —                | —                     | 71.8                | d         |
| 27        | —                      | —                  | —                    | —                  | —                                      | —                   | —                 | —                          | —                      | —                | —                     | —                   | f         |
| 28        | 9-05                   | 2-20               | 6-45                 | 90                 | 5-15                                   | 4-05                | 93                | 22.78                      | 60.5                   | —                | —                     | 77.8                | d h       |
| 42. 3. 1  | 11-25                  | 2-05               | 9-20                 | 118                | 8-50                                   | 5-55                | 115               | 19.44                      | 63.4                   | —                | —                     | 67.0                | d h       |
| 2         | 14-40                  | 1-50               | 12-50                | 119                | 8-50                                   | 5-40                | 115               | 20.29                      | 44.2                   | —                | —                     | 64.2                | d h       |
| 3         | 13-43                  | 2-33               | 11-10                | 114                | 6-18                                   | 5-08                | 103               | 20.06                      | 46.0                   | —                | —                     | 81.5                | d h       |
| 4         | 5-00                   | 1-00               | 4-00                 | 45                 | 3-20                                   | 2-20                | 35                | 15.00                      | 58.3                   | —                | —                     | 70.0                | d h       |
| 5         | 1-05                   | 0                  | 1-05                 | 9                  | 0-30                                   | 0-10                | 5                 | 30.00                      | 15.4                   | —                | —                     | 33.3                | c         |
| 6         | 8-40                   | 3-15               | 5-25                 | 48                 | 3-10                                   | 1-50                | 45                | 24.55                      | 33.8                   | —                | —                     | 57.9                | c         |
| 7<br>15   | —                      | —                  | —                    | —                  | —                                      | —                   | —                 | —                          | —                      | —                | —                     | —                   | f         |

注) ※作業種別 b:ルーズ土杭込  
c:材料運搬  
d:法切

f:修理、整備  
g:休止  
h:その他

※※作業量は短期調査の実績1サイクル=2.4t  
(1.7 m³)で計算したもの

## (6) 考 察

### (4) 各作業分析および作業時間に対する各要因の影響

今回行ったトラクタショベルの作業能力調査は予備的な調査を行ったのみで各作業分析および各要因による作業能力の影響についてははっきり結論づけることはできなかったが、実測調査および各種資料調査にもとづく検討事項について要約してみる。

当研究室で行ったトラクタショベルの作業能力調査は機械の動きをこまかく分析し、各サイクルにおける総移動距離、ギャチェンジ時間、掘削時間（バケットえの積込）、ダンプ積込時間、待時間、バケット容量、時間当燃料消費量等についての推定を行った。その推定値にもとづき各積込方式による標準総移動距離を設定してそれに対する平均サイクルタイムを算出した（表-14、表-24、図11）。平均サイクルタイムに対する作業量の推定を行い、それを移動距離の変化に対しても適用できるよう拡張した。

（図-12参照）

長期の作業状況調査を行い、短期調査の標準作業量等の関係から作業効率の要因分析についての一私案をのべた。

（図-18参照）

今回の調査および資料分析結果について検討してみると、機械の総移動距離に対する移動時間は速度段、機種の違いによる大きなばらつきがない。すなわちオペレータによる能力によってきまっているようである。これは人間の能力の限界によるある一定値が存在すると思われる。

したがって機械の自動化あるいは現在の機械の機構的な変化がないかぎり、移動時間のスピードアップは限界があろう。

積込方式による影響は現われていないが今後検討する必要がある。

掘削時間については各要因が多く、はっきり結論づけるものはなかったが、試験場所Aについては土質、オペレータ能力を同一とみなすと機種による機能的な差のあるものもあるが、機種Bを除くと3.1～4.3 secの範囲であり推定の結果差はあるが、全サイクルから考えれば問題にならない（表-15）。またバケット容量の違いによる掘削時間の差も現われていない。したがって他のデータとの比較による差はオペレータ能力、土質、土の状況等が考えられる。

ダンプ積込時間については各機種による違いはあるようであるが時間が短いので差は少い。その他オペレータ能力、土質（含水量）等の要因による影響がありそうである。ダンプ積込時間の平均的数値を示すと試験場所Aでは1.4～3.0 sec、今年度の現地測定では4.7±0.4 secとなっている。

待時間のうちの、各動作のチェンジ時間は、試験場所Aでは各動作時間に入っているものと思われる。

今年度調査では各サイクルにしろ待時間の割合が平均運搬距離において50.8%となっている。したがって能率的な積込作業ではこの時間を少くする必要がある。表-23に今年度行った調査による各動作の平均サイクルに対する各時間の割合を示す。

なお表-24にトラクタショベルの短期調査による各動作分析結果の総括表を示す。

表-23 トラクタシヨベルの各動作時間割合

| 項目 \ 動作別 | 平均移動時間               | 掘削時間   | 積込時間   | 待 時 間<br>(チェンジ含む) | 計     |
|----------|----------------------|--------|--------|-------------------|-------|
| 時 間      | (13.2m) ※1<br>12.2   | 4.4    | 4.7    | 22.0              | 43.3  |
| (%)      | (28.2)               | (10.2) | (10.8) | (50.8)            | (100) |
| 時 間      | (17.95m) ※2<br>14.95 | 4.4    | 4.7    | 22.0              | 46.0  |
| (%)      | (32.5)               | (9.5)  | (10.2) | (47.8)            | (100) |

注) ※1 実測調査による平均移動距離

※2 建設機械化研究所の性能試験時の平均移動距離

表-24 トラクタショベル動作分析総括表

| 整理<br>番号           | 機<br>種 | 調<br>査<br>年<br>月 | 調査機<br>械製作<br>年 月 | 作業<br>時最大<br>出力<br>(PS) | 運転整<br>備重量<br>(kg) | バケッ<br>ト山積<br>容 量<br>(m³) | 試<br>験<br>場<br>所<br>※1 | 試験時<br>の機械<br>の状況 | 土の<br>状態 | 土<br>質         | 積込方式及平均移動距離に対する時間 |                                                  |                                                                 |                                            |                 |                     | 掘削時<br>間(バ<br>ケット<br>積込時<br>間)<br>(sec) | ダンプ積<br>込時間<br>(排土時<br>間)<br>(sec) | 待<br>時間<br>(sec) | バケット実績         |                           | 時間当燃<br>料消費量<br>(ℓ/h) | 負<br>荷<br>率<br>※10<br>(%) | 長期調査※9<br>時間当作業量<br>作業時間率<br>時間当燃料<br>消費量 |                                                   |  |               |  |  |  |
|--------------------|--------|------------------|-------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------|------------------------|-------------------|----------|----------------|-------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------------------------------|------------------------------------|------------------|----------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------|--|---------------|--|--|--|
|                    |        |                  |                   |                         |                    |                           |                        |                   |          |                | 速<br>度<br>段       | V <sub>1</sub> =<br>前進<br>V <sub>2</sub> =<br>後進 | V <sub>1</sub> +V <sub>2</sub><br>V <sub>1</sub> V <sub>2</sub> | V                                          | L               | I                   |                                         |                                    |                  | T              | (m³)                      |                       |                           |                                           | バケッ<br>ト係数                                        |  |               |  |  |  |
|                    |        |                  |                   |                         |                    |                           |                        |                   |          |                |                   |                                                  |                                                                 | 14.2≤x<br>≤22.2                            | 13.2≤x<br>≤22.8 | 6≤x<br>≤10          |                                         |                                    |                  | 14≤x<br>≤24    |                           |                       |                           |                                           |                                                   |  |               |  |  |  |
|                    |        |                  |                   |                         |                    |                           |                        |                   |          |                |                   |                                                  |                                                                 | $\bar{x}=17.95$                            | $\bar{x}=17.1$  | $\bar{x}=8.3$       |                                         |                                    |                  | $\bar{x}=18.6$ |                           |                       |                           |                                           |                                                   |  |               |  |  |  |
| 1                  | K-1    | 41.12            | 41.12             | 32                      | 3,300              | 0.4                       | A                      | 性能試験              | ルーズ      |                | 2                 | 1.08<br>1.75                                     | 1.50                                                            | (sec)<br>14.1                              | (sec)<br>17.6   | (sec)<br>13.6<br>※5 | (sec)<br>21.4                           | 3.2±0.2                            | 1.6±0.2          | —              | 0.53<br>±0.03             | 1.33                  | 5.6±0.2                   | 64.1                                      |                                                   |  |               |  |  |  |
| 2                  | M-1    | 41.6             | 41.6              | 35                      | 3,300              | 0.4                       | A                      | "                 | "        |                | 2                 | 1.00<br>1.08                                     | 1.93                                                            | 18.3                                       | 21.8            | 13.9<br>※5          | 22.6                                    | 4.3±0.2                            | 2.0±0.2          | —              | 0.53<br>±0.01             | 1.33                  | 5.2±0.2                   | 58.9                                      |                                                   |  |               |  |  |  |
| 3                  | C-2    | 41.5             | 41.5              | 108                     | 11,800             | 1.34                      | A                      | "                 | "        |                | 2                 | 1.75<br>2.139                                    | 1.03                                                            | 22.2                                       | 16.7            | 8.6                 | 21.8                                    | 3.2±0.3                            | 1.4±0.1          | —              | 1.79<br>±0.07             | 1.34                  | 23.0±0.9                  | 85.5                                      |                                                   |  |               |  |  |  |
| 4                  | C-1    | 40.12            | 40.12             | 71                      | 10,800             | 1.15                      | A                      | "                 | "        |                | 3                 | 1.389<br>1.667                                   | 1.32                                                            | 17.9                                       | 16.2            | 11.5                | 16.1                                    | 3.1±0.1                            | 1.9±0.2          | —              | 1.47<br>±0.04             | 1.28                  | 15.0±0.3                  | 83.7                                      |                                                   |  |               |  |  |  |
| 5                  | S      | 40.9             | 40.9              | 75                      | 10,155             | 1.1                       | A                      | "                 | "        |                | 3                 | 1.078<br>1.539                                   | 1.58                                                            | 16.9                                       | 19.6            | —                   | 22.5                                    | 7.5±1.0                            | 2.6±0.6          | —              | 1.45<br>±0.07             | 1.32                  | 11.8±0.9                  | 71.5                                      |                                                   |  |               |  |  |  |
| 6                  | K-2    | 39.12            | 39.12             | 140                     | 16,000             | 1.7                       | A                      | "                 | "        |                | 2<br>3            | 1.153<br>1.689<br>2.186                          | 1.13<br>1.05                                                    | 20.8※6<br>17.0                             | 17.2※6<br>15.2  | 11.5※6<br>9.14      | —                                       | 3.8±0.8                            | 3.0±0.6          | —              | 2.77<br>±0.09             | 1.63                  | —                         | —                                         |                                                   |  |               |  |  |  |
| ①～⑥の各積込方式による平均移動時間 |        |                  |                   |                         |                    |                           |                        |                   |          |                | 一般式※2             |                                                  |                                                                 |                                            | y=2.56+0.86x    |                     |                                         |                                    | y=6.97+0.61x     |                |                           |                       | y=7.86+0.58x              |                                           |                                                   |  | y=13.24+0.57x |  |  |  |
|                    |        |                  |                   |                         |                    |                           |                        |                   |          |                | 時間                |                                                  |                                                                 |                                            | 18.0            |                     |                                         |                                    | 17.4             |                |                           |                       | 11.1                      |                                           |                                                   |  | 20.2          |  |  |  |
| ①～⑥の全機種、全積込方式による平均 |        |                  |                   |                         |                    |                           |                        |                   |          |                | 一般式※2             |                                                  |                                                                 |                                            | y=5.43+0.72x    |                     |                                         |                                    |                  |                |                           |                       |                           |                                           |                                                   |  |               |  |  |  |
|                    |        |                  |                   |                         |                    |                           |                        |                   |          |                | 時間                |                                                  |                                                                 |                                            | 18.4            |                     |                                         |                                    | 17.7             |                |                           |                       | 11.4                      |                                           |                                                   |  | 18.8          |  |  |  |
| 7                  | C-3    | 41.10            | 40.               | 108                     | 11,600             | 1.34                      | B-1                    | 現場試験              | ルーズ      | レキまじり<br>砂質ローム | 2                 | 1.75<br>2.194                                    | 1.03                                                            | 18.3                                       | 16.7            | 6.2                 | 23.0                                    | 5.5±0.5                            | 3.4±0.2          | —              | 1.49<br>±0.05             | 1.11                  | 24.3±2.4                  | 90.3                                      |                                                   |  |               |  |  |  |
| 8                  | "      | 42.3             | "                 | "                       | "                  | "                         | B-2                    | "                 | "        | "              | 2                 | "                                                | "                                                               | 19.8≤x<br>≤22<br>18.7※3                    | 15.7            | 7.7                 | 24.4                                    | 5.6±0.6                            | 4.7±0.4          | —              | 1.20<br>±0.01             | 0.90                  | 20.8±1.8                  | 77.3                                      | 時間当作業量<br>1120±82(m³/h)                           |  |               |  |  |  |
| 9                  | K-3    | 41.12            | 38.12             | 125                     | 16,200             | 1.7                       | C                      | 作業状態              | "        | レキまじり<br>ローム土  | 3                 | 1.75<br>2.25                                     | 1.02                                                            | 8≤x≤22<br>14.95※4<br>一般式※2<br>y=4.54+0.58x | —               | —                   | —                                       | 4.4±0.4                            | 4.7±0.4          | ±3.5           | (1.7m³)<br>2.4※7<br>±0.1  | 1.00                  | 20.8±0.9                  | 73.2                                      | 実作業時間率<br>57.5±4.0 (%)<br>正味作業時間率<br>71.8±3.2 (%) |  |               |  |  |  |
| 10                 | M-2    | 40.11            | 38.12             | 115                     | 13,900             | 1.5                       | D                      | "                 | "        | ローム土           | 2                 | 1.06<br>1.25                                     | 1.74                                                            | —                                          | —               | x=30<br>6.2※3       | —                                       | 5.6±0.5                            | 4.6±0.6          | —              | (1.85m³)<br>1.6※7<br>±0.1 | 1.22                  | —                         | —                                         | 時間当燃料消費<br>量<br>209±13 (ℓ/h)                      |  |               |  |  |  |
| 11                 | "      | "                | "                 | "                       | "                  | "                         | "                      | "                 | 地山       | "              | 2                 | "                                                | "                                                               | —                                          | —               | "                   | —                                       | 9.5±0.9                            | 4.2±0.3          | —              | (1.95m³)<br>1.7※7<br>±0.1 | 1.30                  | —                         | —                                         |                                                   |  |               |  |  |  |

注) ※1 試験場所 A: 建設機械化研究所内  
B: 中国地建 浜田国道工事事務所管内熱田第二改良工事現場(B-1)  
広島技術事務所内(B-2)  
C: 関東地建 常陸工事事務所管内笠間第一改良工事現場  
D: 関東地建 千葉国道工事事務所管内環状16号新設工事

※2 y: 移動時間(sec), x: 移動距離(m)

※3 xの範囲は各測定現場で異なっているため、機械化研究所の性能試験による各積込方式の平均値  
V=17.95m, L=17.13m, I=8.31m, T=18.58mを標準移動距離として、  
その距離に対する移動時間を示したもの。したがってxの範囲を外れているものは推定値の精度

が落ちることになる。

※4 チェンジ時間5.3±0.6sec含まず。

※5 待時間を含まず。

※6 上段は前進2速、後進3速 下段は前進後進とも3速

※7 重量(t)で示したもの。

※8 機械化研究所の性能試験データより。

※9 表-21参照

※10 負荷率=時間当燃料消費量/機関作業時最大出力による時間当燃料消費量・100(%)

(b) 短期調査にもとづく時間当り作業量の推定

表-24の各数値を使って作業量の推定ができる。いま理論式におけるバケット山積容量 $q$ を仕様値の値 $q_s$ を採用すれば、これに対する各要因の影響による実際の容量 $q_m$ との関係調べる必要がある。今回の調査ではこれらの関係まで測定できなかったため、実測値を採用して作業量を算定してみる。したがってそのバケット容量 $q_m$ は調査時におけるその作業現場の各種要因を含んでいることになる。総移動距離の範囲も実測データ附近についてのみ示したもので図-12のとおりである。(K-3)については調査データをもとに最大および最小値を示した。機種K-1, Sについては実測値をもとに計算した平均移動距離、掘削時間、積込時間にK-3で測定した待時間を加えて作業量を算定したもので、曲線の範囲は調査データのうち掘削時間および積込時間の最大および最小の値を使って求めた作業量の範囲を示す。なお参考のために待時間を含まない時間当り作業量曲線(K-1)について示した。

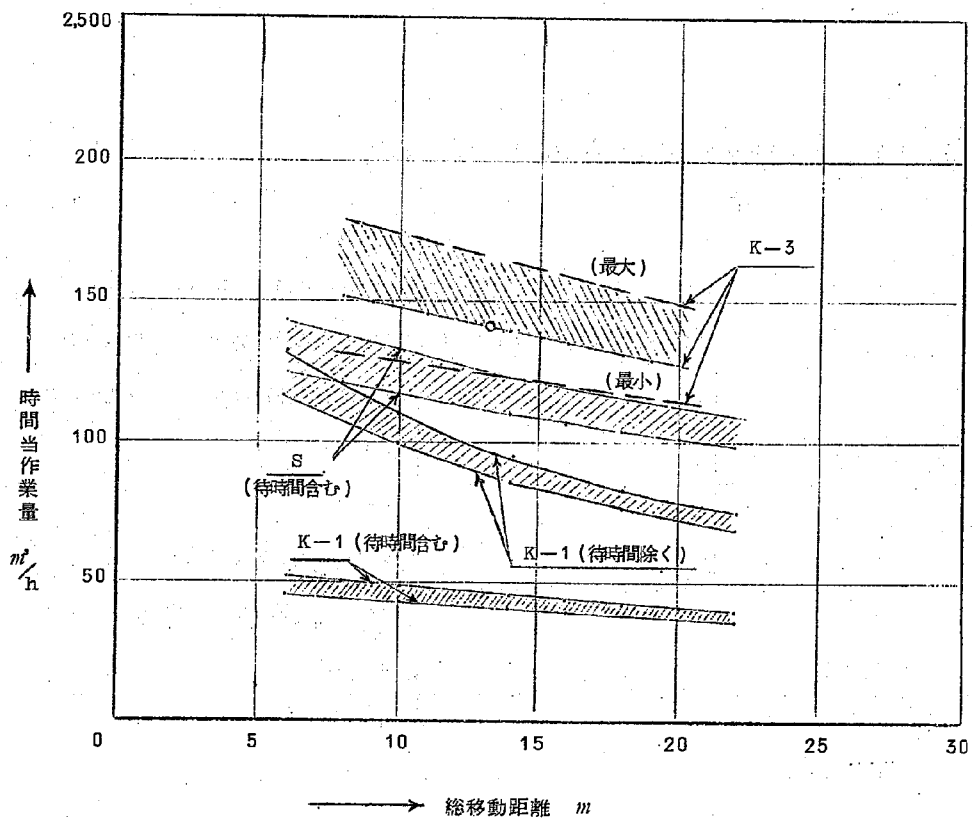


図-12 トラクターショベル短期調査にもとづく時間当り作業量

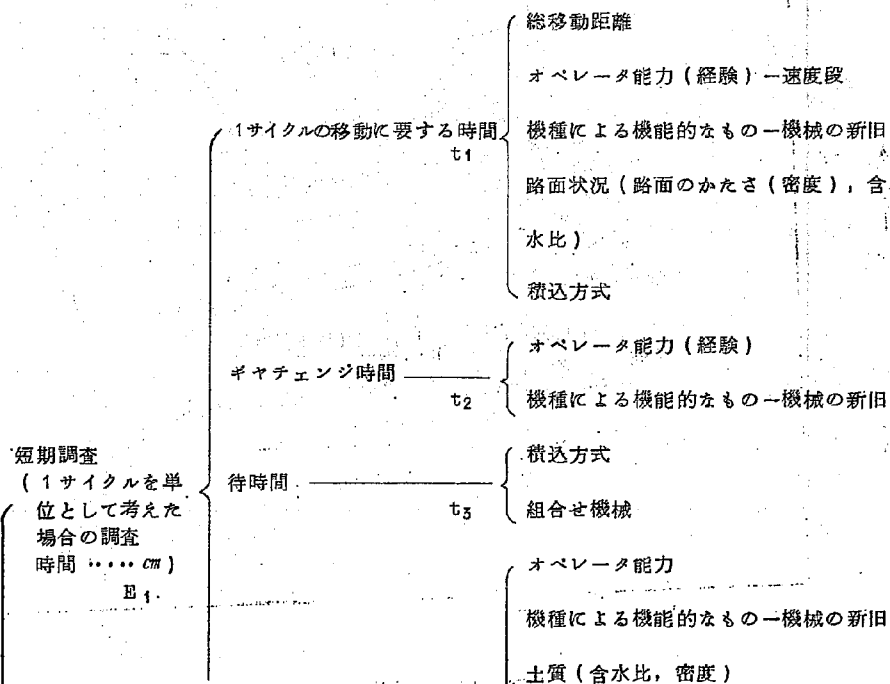
(c) 短期調査と長期調査との関係（作業効率について）

今回の調査結果から得られた各数値は各種要因の含まれた状態で推定されている。したがって各要因の影響力については綿密な実験計画にもとづく広範囲な調査が必要であろう。そこで今回は予備的な調査資料の解析をもとに今後の調査方針および他の現場での調査の参考のため1～2の方法に

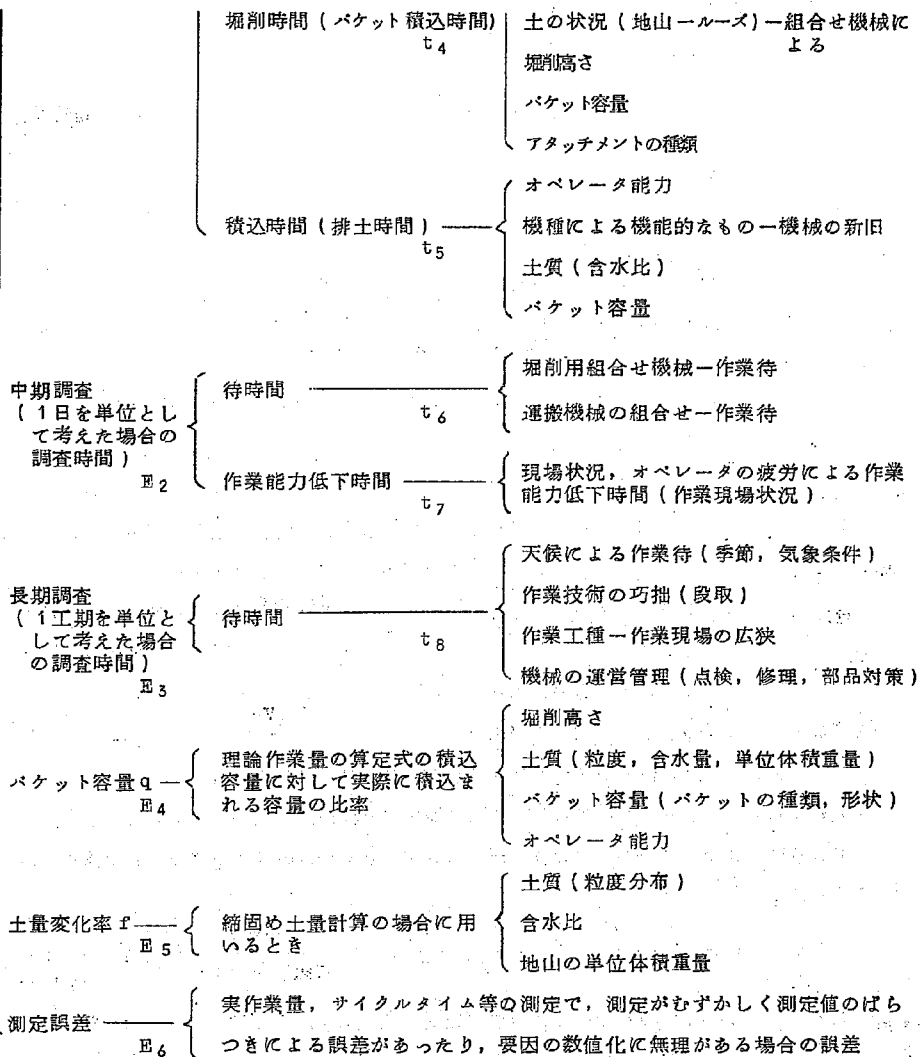
トラクタショベルの作業能力算定式としてはブルドーザと同じく

$Q = 3,600 \cdot q \cdot f \cdot E / CM \dots\dots (m^3/h)$  が適用できるが、この式に含まれる各係数に影響を及ぼす各要因を分析し、検討してみると次のような要因の分析が考えられる。

図一13      トラクタショベルの作業能力に及ぼす各要因の影響



総合作業効率 E (作業量の減少率)



いまトラクタシベルの作業能力算定式を

$$Q = \frac{3,600 \times q_s \times f \times E}{C_{ms}} \quad (m^3/h) \quad (1)$$

ここで Q : 時間当り土工量 (m<sup>3</sup>/h)

q<sub>s</sub> : バケット山積容積 (仕様値 m<sup>3</sup>又は t)

f : 土量変化率

C<sub>ms</sub> : 1サイクルに要する理論式の時間

C<sub>mm</sub> : 実測のサイクルタイム

t<sub>1</sub> : 1サイクルの移動に要する時間

- $t_2$  : 1サイクルのギャチェンジ時間  
 $t_3$  : 1サイクルの掘削時間  
 $t_4$  : 1サイクルの積込時間  
 $t_5$  : 1サイクルの待時間  
 $t_6$  : 待時間 (中期調査による)  
 $t_7$  : 作業能力低下時間  
 $t_8$  : 待時間 (長期調査による, 休止時間)  
 $E_1$  : 理論式による時間当り作業量に対する短期間の調査にもとづく時間当り作業量の比率  
 $E_2$  : 1日を単位として考えた場合 (中期調査) の時間当り作業量に対する短期調査にもとづく時間当り作業量の比率  
 $E_3$  : 1工期を単位として考えた場合 (長期調査) の時間当り作業量に対する, 中期調査にもとづく作業量の比率 (この場合1工期全期間を考慮する場合と, 1工期の機械の稼働日数を基準にとる方法が考えられる。)  
 $E_4$  : バケット容量  $q$  (理論式) に対して実際に積込まれる容量または重量の比率  
 $E_6$  : 各種調査方法, 測定による誤差

とすると, 各係数のうち  $E$  は前記の関係から

$$E = E_1 \cdot E_2 \cdot E_3 \cdot E_4 \cdot E_5 \quad \text{または} \quad E = E_1 \cdot E_2 \cdot E_3 \cdot E_4 \cdot E_5 \cdot E_6 \quad (2)$$

で表わすことができる。次にこれらの要因について今回の調査結果から検討してみる。

$C_{ms}$  は理論式ではブルドーザの作業能力の算定式と同様に各速度段における車速を採用するとすれば

$$C_{ms} = \frac{\ell}{V_1} + \frac{\ell}{V_2} + T = \frac{V_1 + V_2}{V_1 V_2} \ell + T = \frac{V_1 + V_2}{2 V_1 V_2} X_2 + T \quad (3)$$

ここで  $V_{1s}$  : 機械の仕様による前進速度 ( $m/sec$ )

$V_{2s}$  : 機械の仕様による後進速度 ( $m/sec$ )

$X_2$  : 総移動距離 ( $m$ ) ( $2\ell = X_2$ )

$$T = t_2 + t_3 + t_4 + t_5$$

したがって  $T$  の標準時間を別に決定しておき, それに対する各要因による実測値を測定し, 標準状態を設定すれば (たとえば路面状良好, 積込方式  $V$  型に対する平均移動距離  $m$  ……等), その場合のサイクルタイム  $C_{ms}$  と  $C_{mn}$  の比率から  $E_1 = C_{ms}/C_{mn}$  が定まる。この  $E_1$  は標準状態の要因と機械が定まればきまつた値となる。

各要因の変化に対する各  $t$  の変化の関係は線型で表現でき得れば多元回帰平面で置きかえて計算すればよい。

すなわち各要因を  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$  とすれば

$$t_1 = a_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 \quad \text{---(4)}$$

$$t_2 = a_1 + a_2 X_2 + a_4 X_4 \quad \text{---(5)}$$

$$t_3 = a_1 + a_2 X_2 + a_4 X_4 + a_5 X_5 \quad \text{---(6)}$$

$$t_4 = a_2 X_2 + a_3 X_3 \quad \text{---(7)}$$

$$t_5 = a_1 + a_2 X_2 + a_5 X_5 \quad \text{---(8)}$$

$$\Sigma t_i = \Sigma a_{1i} + X_2 \Sigma a_{2i} + X_3 \Sigma a_{3i} + X_4 \Sigma a_{4i} + X_5 \Sigma a_{5i} \quad \text{---(9)}$$

各Xにその時の条件を入れてやれば、その条件におけるサイクルタイムが算出できる。

今回の調査では要因の分析ができないが目安として $E_1$ を計算してみた。計算結果を表-

25に示す。

表-25 トラクタシヨベルの作業効率推定一覧表

| 項 目                 |                | 理論式による作業量<br>(4) | 短期調査の結果<br>(5)     | 中期調査の結果<br>(1) | 長期調査の結果(2)(正味作業効率) | 長期調査の結果(3)(実作業時間率) | 総合作業効率 $E_1$<br>(6) |
|---------------------|----------------|------------------|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 総移動距離<br>13.2m      | 作業量( $m^3/h$ ) | 137.3            | 141.3              | 112            | 80.4               | 64.2               | —                   |
|                     | $E_1(\%)$      | —                | 103 <sup>(5)</sup> | 79.3           | 71.8               | 79.9               | (45.4)<br>46.8      |
| "<br>17.95m         | 作業量( $m^3/h$ ) | 123.9            | 132.9              | 112            | 80.4               | 64.2               | —                   |
|                     | $E_1(\%)$      | —                | 107 <sup>(5)</sup> | 84.3           | 71.8               | 79.9               | (48.3)<br>51.8      |
| 燃料消費量<br>(13.2mの場合) | 燃費 $l/h$       | 28.4             | 20.8               | 20.9           | 15.0               | 12.0               | —                   |
|                     | $E_1(\%)$      | —                | 73.2               |                | 71.8               | 79.9               | (57.7)              |

注) 総移動距離 13.2m ——— 短期調査のV型横込方式の平均値

17.95m ——— 建設機械研究所の性能試験での平均値

(1)(2)(3) 表-21参照(長期調査のレボグラフから読みとったので実際はもう少し作業量が増大していると思われる)

(4)  $t_2 \sim t_5$  は短期調査のものをそのまま使った(表-13参照)

(5) 理論作業量より大となっているが $t_2 \sim t_5$ が測定値そのままを使ったことによるとと思われる。

(6) ( )内は短期調査にもとずく作業量を100とした場合の計算値

中期調査の考え方は1日を単位として調査測定を行なうもので短期調査の条件をなるべく保持した状態が望ましい。ここで考えられる要因は図-13に示すものが考えられる。今回の調査では回転記録計(レボグラフ)に自動記録させた実作業時間と作業量の測定を行ったので、これに対する短期調査の作業量との比率( $E_2$ で表わされる)を算出してみた(表-25)。

長期調査は長期間にわたる工事の作業量、作業時間より時間当たり作業量を算出し、中期調査結果との比較からその比率 $E_3$ が求められる。しかし作業時間のとり方によっては数値が異なることに注意する必要がある。

今回の調査では実作業時間率、正味作業時間率というものを考えた(表-25)。

これらの考え方は燃料消費量の面からもとらえることができるものと思われる。

表-25に今回の調査にもとづく作業効率について作業量、燃料消費量の両面から推定した値を示す。なお作業は短期調査と同じ作業がくりかえし行われたと仮定した。 $E_4$ についても $q_8$ に対して各要因による実測値( $q_m$ )との比率を検計すればよい。

図-13に示した各要因の分析は今後数値化の問題、線型かどうか等多くの問題が考えられ、数値化や直線化のできないものについては分散分析法等による検計も必要であろう。

また分析結果からの各推定値を積算基準に反映させる場合たとえばオペレータ能力をどの程度で採用するか等検討を要する問題も多いものと考えられる。

#### (7) むすび

今回のトラクショベルの調査は予備的な調査に終わったので、はっきり結論づけるデータは得られなかった。

しかし各測定値をもとに各所の調査データと比較しながら、測定方法および調査の方法等について検討することができた。

ここにのべたものは作業効率 $E$ の分析の手法、理論作業量算定式の決定、サイクルタイムの測定法およびデータ処理の方法等、すなわち総移動距離-移動時間の関係のとらえ方、標準移動距離 $\leftrightarrow$ 標準移動時間(積込方式)-標準サイクルタイムの推定、 $q_8$ の定数化等についてのべたものであるが、今後これまでにあげた各要因について多くの調査を行い、これ等の考え方の肉づけが必要であろう。さらに地山の状態の施工例についても調査を行い、掘削機としての経済性、パワーショベルとの比較検討を行なう必要も考えられる。尚現地調査及データ整理に当っては当研究室の鈴木隆、後藤昌隆、赤堀建一技官の協力を得たものであります。

最後にこの調査に御協力頂いた関東地方建設局常陸工事事務所の関係各位ならびに参考にさせて頂いた調査資料提供の関係各位に厚く感謝するものであります。

### 3. 模型ブレード試験機について

#### (1) 概 要

ブルドーザの主目的は土を最も合理的に動かすことにある。したがってその主作業を受けもつ土工板に土質、土の状態、掘削深さ、押土量、掘削スピード、土工板形状等の各要因の変化が掘削抵抗にどのように影響するかということを究明し、合理的な土工板形状をみいだすとともに各要因になった動力、すくい角、掘削スピード等を把握し、同時にブレード前面押土量も測定し土工板容量の実験試料を得ること等ブルドーザのブレードの機能調査のため41年度に関東地建東京技術事務所船橋分室に支出委任してブレード試験機を製作した。本機は実機ブレード(3~19t級)の $\frac{1}{4}$ の模型が装着でき、掘削スピード最大 $1.1 \frac{m}{sec}$ 、掘削深さ約200mmまでの実験ができる。なお42年度以降に本機による実験を行ない、掘削抵抗の解明を行なう予定である。

## (2) ブレード試験機仕様

型 式 枠型鋼製電動移動式

全 長 9,300 mm

全 巾 2,440 mm

全 高 (最大) 1,340 mm

全重量 4,500 kg

移動 (走行) 速度 (標準)  $0.55 \text{ m/sec}$  ( $2 \text{ km/h}$ )

本 体

型 式 枠型鋼製油圧測定式

寸 法 (全長×全巾×全高)  $1,850 \text{ mm} \times 1,730 \text{ mm} \times 990 \sim 1,340 \text{ mm}$

重 量 1,000 kg

堀削最大ストローク (移動距離) 約 4,670 mm

堀削深 (最大ストローク) 350 mm

※ (有効ストローク、主フレーム下端よりNo.3 模型ブレードを装着したとき)

標準切削角で 200 mm

堀削速度 (最大)  $1.1 \text{ m/sec}$  ( $4 \text{ km/h}$ )

堀削すくい角範囲  $-5^\circ \sim 65^\circ$

許容最大堀削抵抗値 1,200 kg

模型ブレード寸法 (巾×高)

No.1  $564 \text{ mm} \times 138 \text{ mm}$

No.2  $913 \text{ mm} \times 223 \text{ mm}$

No.3  $1,030 \text{ mm} \times 260 \text{ mm}$

主フレーム

型 式 枠型鋼製電動移動式

寸 法 (全長×全巾×全高)  $9,300 \text{ mm} \times 2,440 \text{ mm} \times 380 \text{ mm}$

重 量 3,500 kg

最大許容たわみ量 (フレーム中央にて) 6 mm

動力装置

原動機 電動機 規格全閉外扇特殊カゴ型三相  $200 \text{ V}/50 \sim, 4 \text{ P}$

出 力 5.5 Kw

回転数 1,500 rpm ( $50 \sim$ )

変速機 規 格 バイエル, 8-10 FEM, 5.5 Kw

高 速 0.2~0.8

変速範囲 低 速 0.067~0.267

減速機 規 格 サイクロ減速機, EH15-58

減速範囲 1:11

|                   |                 |                |
|-------------------|-----------------|----------------|
| ドラム               | ドラム径            | 300 mm         |
|                   | 回転数             | 6~76 rpm       |
| ワイヤ               | 規格              | 3号, 1種         |
|                   | 径               | 12 mm          |
| 総減速比(電動機よりドラム軸まで) |                 | 0.00456~0.0545 |
| 移動用ウォーム減速機        | 型式, 規格協青齒車LB-5, | 減速比1:10        |
| 移動用総減速比           |                 | 0.06           |

#### 計測装置

|                  |      |                                |
|------------------|------|--------------------------------|
| 主分力測定用油圧シリンダ(2組) | 内径   | 70 mm                          |
|                  | 最大圧力 | 750 kg (20 $\frac{kg}{cm^2}$ ) |
| 背分力測定用油圧シリンダ(1組) | 内径   | 70 mm                          |
|                  | 最大圧力 | 840 kg (22 $\frac{kg}{cm^2}$ ) |
| 圧力変換器(3組)        |      | 20 $\frac{kg}{cm^2}$           |
| けん引力計(1組)        |      | 1,000 kg                       |
| 移動速度測定用制限開閉器     |      |                                |

### (3) ブレード試験機の主要構造

#### (イ) 本体

本体は枠型構造で、枠型の中央部にネジ式で上下動を行なう掘削深さ調節装置をとりつけ、これに懸すい式のステアに垂直方向力(背分力)測定用油圧シリンダを介して、ブレード取付枠およびブレードを吊下げる。掘削深さ調節装置の下部に2本の水平方向力(主分力)測定用シリンダをとりつけ、ブレード取付枠後方下部に連結してある。各油圧シリンダはピン結合とし、シリンダ側部に圧力変換器をとりつけて主分力、背分力の測定を行なう。ブレードのすくい角度の変更はラック、ピニオン方式によって行い、上下方向の移動はブレード支持腕とともに回転ハンドルにて平行に上下できる。

本体は主フレームに装置したドラムでワイヤロープを介してけん引するもので、本体枠型の移動は主フレームと枠型サイドにとりつけた鉄輪にてころがり接触とした。

#### (ロ) 主フレーム

ブレード試験機本体の移動用台枠で充分に剛性をもたせた枠型構造として一端に動力装置をのせ、ブレード本体が枠型内部を移動できる構造である。主フレーム全体は9 mピッチの50 kgレールの上を動力にて移動できる。

#### (ハ) 動力装置

本体移動用の動力装置は主フレームの一端にのせ、電動機→バイエル変速機→切換クラッチ→サイクロ減速機→ウインテの構造とし、ドラムより滑車を介してワイヤを本体の一端にとりつける。移動速度の調整はバイエル変速機で行い、最大けん引力を、1,200 kgとするため、シャーピンをウインテドラムのフランジにとりつけて電動機を保護する機構とした。試験機全

体の移動用動力は切換クラッチで切換えて電動機→パイエル変速機→切換クラッチ→ウォーム減速機→中間シャフト→移動用車輪軸の構造とし動力を伝達する。

(⇒) 計測装置

主分力（水平方向）及背分力（上下方向）の測定は油圧シリンダより油圧変換器にて外部にとりだせる型とした。

ブレード移動速度測定のため本体枠の一端にマイクロスイッチをとりつけ50 cmごとにパルスが入るようにした。また本体枠の一端とけん引用ワイヤの間にけん引力計をとりつけ総けん引力の測定ができるようにした。

すくい角、掘削深さ測定用に本体側部に目盛板をとりつけた。

なお制御用配電盤は動力装置近くにとりつけ、動力の断接、その他の操作が行なえるようにする予定である。



(4) ブレード試験機全体組立図および写真

ブレード試験機の全容を図1、写真1に示す。

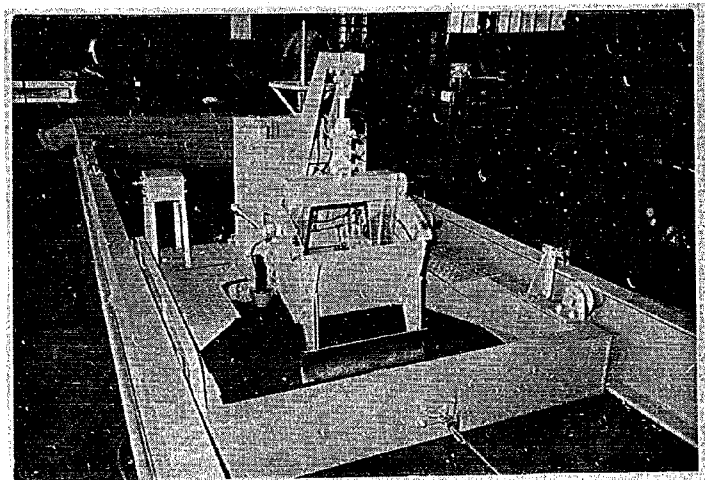


写真-1 ブレード試験機全景

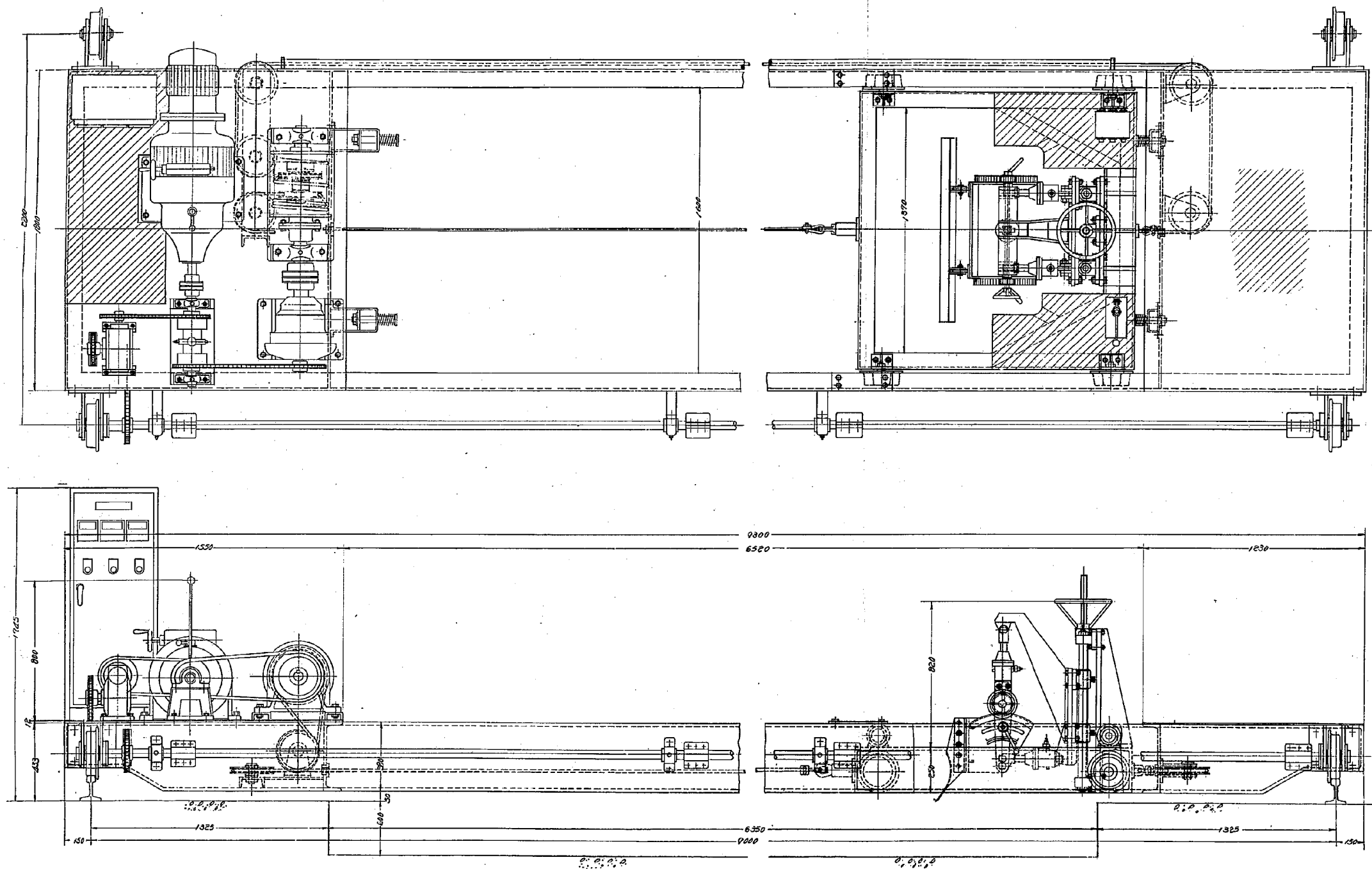


図-13 ブレード試験機概要図