



074

土 木 研 究 所 資 料

第 1 0 6 6 号

フィルタイプダム盛立工事における施工機械の
最適配置に関する研究報告 —その1—

(機 械 稼 働 調 査)

昭 和 50 年 9 月

建 設 省 土 木 研 究 所
施 工 研 究 室

まえがき

土木工事の施工計画策定や管理の実施において、施工機械の投入・配分や運搬路のルート・構造等の工施用施設レイアウトの適切な決定と、それに基づく工期および工事費の予測がきわめて重要であることは言うまでもない。従来この問題は、過去の数多くの工事实施のデータに基づく各種基準および担当者の豊富な知識経験に基づく技術的判断に全面的に委ねられて来た。しかしながら、近年著しい建設工事数量の増加とその複雑化は担当者の減少とその若年化を招き、技術的判断力の低下は、工期設定、工事費見積、および現場における管理の面で、この問題をきわめて深刻なものにしている。したがって、今後も年々増加の傾向にある公共事業を消化し、行政官庁への脱皮を計るために、工事实施面で責任施工等の思い切った省力化方式の採用が予想される建設省においては、これらの問題を解決し、工事発注段階における妥当な工期設定と工事費見積り、工事实施段階における進捗把握と計画修正等を行う高度化、省力化された施工計画管理システムの確立が急がれている。

特にフィルタイプダムの堤体盛立工事の施工においては、作業に従事する施工機械の種類、数量ともに多いこと、各作業が互いに密接な制約関係をもつこと、工事をとりまく気象、天候、土質等の諸条件に工程が支配される度合いが強いこと等の理由で、施工条件に十分適した施工機械、運搬路等の決定が求められており、その適否が全工事工程に与える影響はきわめて重大である。

同時に、最近急速に増加しつつあるとは言え、過去に実施された工事例は決して数多いものではなく、個々の工事の特殊性や施工機械の性能向上と新機種開発さらに施工方法の変遷等を考えると必要十分なデータが完備されているとは考えられない。

フィルタイプダムの施工に関するこれらの事情は、過去のデータと担当者の技術的判断による従来の施工計画管理をきわめて困難なものとしており、これに代る工事のメカニズムに立脚した手法の開発が待たれていると言えよう。

本研究では、この様な運搬路をも含めた施工機械配置計画の最適化をはかる目的で、各種代替計画案の比較評価を行なうシステムの開発を進めており、その第一段階として、種々の施工条件のもとで、投入された各種施工機械のチーム全体としての施工能力等を推定する機械稼働シミュレータの開発を行なっている。

機械稼働調査は、フィルタイプダムの盛立工事における施工機械の作業概要の把握と上記のシミュレータの開発を目的として実施したもので、各種施工機械の稼働状態の観察記録、稼働モデル構成のための動作分析およびサイクルタイムの算定のための所要動作時間の分析等を行なった。

本資料は、これらの調査結果をまとめたもので、メモーション撮影フィルムからの読取データやその他の現場調査による取得データおよび動作、時間分析の結果を主たる内容とするものである。

昭和50年9月

施工研究室 千田 昌平, 熊谷 恒一郎, 間 三男

目 次

まえがき

1. 調査目的	1
2. 調査方法	2
2-1 概 論	2
2-2 現場調査	4
2-3 機械稼働の解析	7
2-4 実施調査の内容	9
3. 調査結果	16
3-1 採取場における積込作業	16
3-1-1 概 要	16
3-1-2 原石採取場	17
3-1-3 ランダム材採取場	31
3-2 運搬路におけるダンプトラックの走行	36
3-2-1 概 要	36
3-2-2 ロック材運搬	37
3-2-3 ランダム材運搬	47
3-3 本体工事現場における盛立作業	56
3-3-1 概 要	56
3-3-2 コアゾーンの盛立	56
3-3-3 スクレーパによるランダムゾーンの盛立	71
3-4 考 察	77
あ と が き	84

1. 調査目的

フィルタイプダム工事の主軸をなす堤体盛立工程においては、盛立材料の採取運搬転圧等の大規模な機械化施工が行なわれている。機械化施工の利点としては一般に

- 工期短縮（迅速性）
- 工事費の削減（経済性）
- 施工品質の向上と均質化
- 工事管理の高度化
- 施工可能性増大
- 工事の省力化

等の事項が挙げられ、これらの利点は特にフィルタイプダムの様な大規模工事においてはきわめて大きなものとなる。しかしながら、反面、施工機械の選定や投入配分、運搬路等の計画が、工事の規模やその他の当該現場の施工条件に対して妥当性を欠く時、工事の迅速性、経済性等の機械化施工の長所は著しくそこなわれ、これが全体工事の工期、工事費におよぼす影響はきわめて重大なものとなる。したがって現場の施工条件等に対応した適切な施工法、施工機械の選定、投入配分の決定等が求められており、そのためには一定の施工条件のもとで策定された施工機械の配置計画案に基づいて工事を実施した場合の施工状況（施工速度、施工効率、作業待時間、工事費、施工単価等）を予測する手法の精度を高めて、各機械計画代替案の比較評価を十分慎重に行なう必要がある。

従来この問題は、道路土工指針等に見られる様にサイクルタイムと容量による施工能力に、現場の施工条件毎に過去の数多くの経験的データより得られた施工効率を乗じて算定して来た。

しかしながら、機械容量、台数、土工量ともに一般の土工事の規模を著しく上まわり、しかも過去のデータの蓄積の少ないフィルタイプダムの盛立工事においては、投入された施工機械の能力や経費を単純に積上げるだけで十分な精度をあげることはきわめて困難である。

本研究では、この様な機械配置計画策定上の問題に対処すべく種々の条件のもとで施工機械チーム全体として、どの様な施工能力を発揮し、どの様な施工特性（施工効率、待ち合わせ台数…）を示すかを、工事のメカニズムに立脚したダイナミックな機械稼働のシミュレーションモデルにより予測する手法の開発を試みた。

本調査は、盛立材料の採取運搬、盛立の各作業に従事する各種施工機械の稼働状態の観察記録を行ない、その挙動および相互関係を解析し、作業時間率等の実態や機械チーム全体の施工能力を把握するとともに、上記の機械稼働シミュレータの開発を目的として行なったものである。

2. 調査方法

2-1 概 論

本調査で目的としている機械稼働のシミュレーションシステム(シミュレータ)は、盛立工事に従事する各種施工機械の作業中の挙動を一定の動作の組合わせとしてとらえ、その所要時間を推定し、工事中の稼働状態を数値的に再現するものである。すなわち、工事用施設計画および施工機械計画に基づいて工事を実施した場合の各種機械の作業特性を検討し、機械のチーム編成、投入配分および工事用施設の位置、配置、規模等の適否の判定を行ない、土工計画の評価を行なうものであり、後に開発予定の盛立工程の進捗シミュレータのサブシステムを構成する。対象とする工事は、採取場における集土積込、本体工事現場における盛立、およびこの間の運搬作業であり、そこに投入される施工機械の機種数量、運搬路諸元、施工現場の広さ、盛立材料、施工方法等を入力条件として、盛立作業の施工速度、作業時間率、機械経費、1シフト当りの作業量等を算出する。

このシミュレーションシステムにおいては、盛立工事の機械化施工を図2-1に示す様な、施工計画、施工条件と施工状況との入出力対応モデルとしており、本調査で要するデータは、この機械稼働モデル構成のための施工実態の観察記録、およびモデル検証のためのテスト演算に必要な施工機械計画、施工条件、施工状況の3種のデータを1セットとする情報群である。

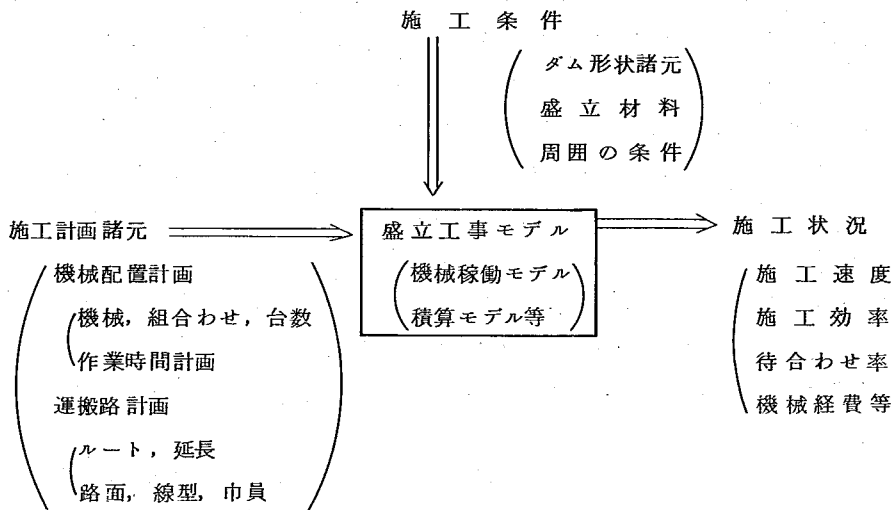
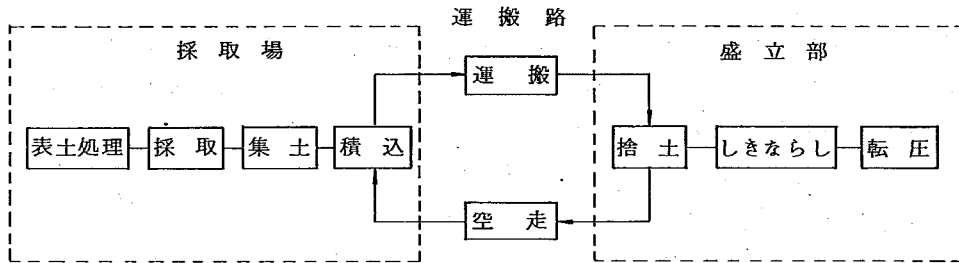


図2-1 盛立工事モデル

ここで機械稼働モデルの概要について述べると、盛立工事は一般に採取場および盛立ゾーンにおける各作業およびその間の運搬作業により構成されており、これら各作業は、さらに細かく各施工機械の動作からなる。採取場においては、ブルドーザや人力による伐開除根や表土処理が行なわれた

のち発破，リップドーザ，ショベル系機械により，堀削集土，積込等の各作業が行なわれる。一方各盛立ゾーンにおいては，捨土された材料のしきならし，転圧がブルドーザ，土質に応じたローラ類，ランマ等により行なわれ，同時に法面整形等の作業も行なわれる。これらの各作業と一般的な施工機械を図 2-2 に示す。



ブ・ル 人 力	パワー ショベル等			ダンプ トラック	ブルドーザ	土質に 応じた ローラ
	発 破	ブル ドーザ	T.S,W.L	モータースクレーバ		
			ブッシュドーザ			
			ブッシュブル			
	リッパ		な し	けん引 スクレーバ	ランマ	
			な し			
			ブッシュドーザ			

図 2-2 盛立工事における作業の流れ

したがって，調査としては施工機械計画，施工条件，および施工機械の稼働状態に関するデータを上図の各作業において収集，記録することが主体となるが，採取作業は必ずしも施工機械による連続的な作業がなされているクリティカルな作業とは考えられず，その取り扱いも困難であるのでとりあえず今回の解析対象から除いた。また対象現場としては，最もひんばんに使用される機械であるトラクタショベル，ダンプトラックによる運搬作業の行なわれているものを選定した。その他，けん引式スクレーバによる現場においても調査を実施したが，撮影ポイントの選定，作業動作の識別，コマ送り速度等々に問題があり十分な結果が得られなかった。

2-2 現場調査

調査は予備調査、施工条件調査、機械稼働調査の順に行なった。

予備調査は、当該現場における調査対象作業選定と観測位置および時刻の決定を主たる目的とする現地踏査であり、工事全容の把握、作業場および運搬路のレイアウト、施工機械の作業概要等の事前調査、周囲の地形、方向（カメラセットのため）等の調査を行なった。

施工条件調査とは現場の施工概要を把握し、取得データを解析するうえで必要とする施工条件（限定された工事環境のもとでの短期的調査、ほとんどの工事環境データは不必要）を知るためのもので、主たる調査項目は以下のようなものである。

- コア材、フィルタ材、ロック材等の盛立材料の採取運搬系統
- 運搬道路の巾員、勾配、平面曲線、路面状態、その他走行性に関する要因
- 採取場、ストックパイル、本体工事現場等の位置、配置、形状、場内道路等
- 採取場、本体工事現場における施工法、作業段取、使用機種、台数、組合せ等
- 盛立材料および作業現場の土質条件、たとえば、密度、含水比、土量変化、掘削性、締固め特性、トラフィカビリティなど
- 採取、運搬、盛立作業に影響をおよぼす周辺地域の状況

機械稼働調査は、作業中の施工機械の挙動を追跡調査し、その動作パターンに所要動作時間、各機械間の関係等を記録するもので、調査はデータカメラによる各作業のメモーション撮影、ストップウォッチ等による所要動作時間の計測、肉眼による動態観察等の方法を併用して行なった。

メモーション撮影とは、比較的高所で作業現場を見わたせる地点にデータカメラを設置し、一定時間間隔で、施工機械の挙動を記録するものである。本調査においては、撮影対象の移動速度、データの所要精度、連続撮影時間等を検討した結果、1コマ/秒のシャッター間隔を採用した。

データカメラによるメモーション撮影は以下の特徴をもつ。

- (1) 時間軸を有する情報であるから、ダイナミックな事象の解析が可能である。
- (2) 保存性、再現性があり、動作パターンの分析が出来る。
- (3) 同時に数多くの情報を記録することが出来、その相互関係の解析が可能である。
- (4) 現場の模様をそのまま視覚的に記録するため、その他の計測法による数値データに優る説得力を持つ。

したがってメモーション撮影は、比較的狭い範囲（施工機械の挙動が識別出来る程度）に、複数の機械が互いに関連をもって作業をしている場合の記録に適しており、採取場におけるトラクタショベルとダンブトラックによる集土積込作業および盛立部におけるダンブトラック、ブルドーザ、ローラによる捨土、しきならし、転圧等の作業がその対象とされた。

使用カメラは、米国オートマックス社の35mmシネサイズのパルスデータレコーディングカメラであり、バッテリーもしくはAC電源により駆動する。パルスカメラとは外部信号に同調した撮影を行うための撮影機であり、外部より入力されるパルスに同調して定期的・不定期的な撮影を行

い、これによって多量の情報のなかから選択的な記録を行うことができる。データカメラの機器構成は、図2-3に示す。撮影時間間隔はコントロールボックス内のインタバロメータおよびコントロールヘッドにより1秒間に1/2, 1, 2, 4, 8コマまで可変であり、400 ft フィルムを用いれば1秒間1コマの間隔で1時間45分の連続撮影が可能である。



写真2-1 データカメラ

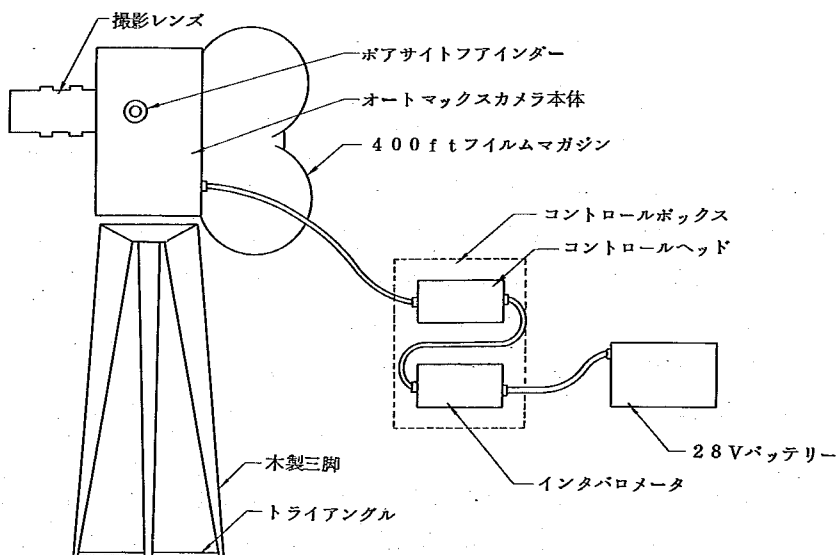


図2-3 データカメラの機器構成

カメラ本体の仕様は以下に示すとおりである。

パルスデータレコーディングカメラ本体仕様（オートマックス社製）

使用フィルム：35mm有穴フィルム
フィルム容量：100, 200, 400ft
レンズマウント：アイモスタンダード、ライカ、タクマー
マガジンマウント：ミッチェル型
フーテージカウンター：1フィート毎に接点パルス出力
パワーサイト：ビューイングスクリーン
接続パルス条件：G-2型は50~85 msec
重量：G-2型レンズ、マガジンを除き12 lbs
入力電源：18~28 V.D.C 標準
加速度：各軸15 G
温度：66℃~-56℃
湿度：90%
高 度：80,000フィート
振 動：0.05" 振巾で58 cps まで

一方運搬作業の様に移動範囲が大きくカメラの視野に入らぬ場合、もしくは入るとしても個々の施工機械の画像が小さく動作が識別出来ない場合などには、あらかじめその挙動を観察し、動作分析を行なったのちにストップウォッチ等による動作時間を計測する方法をとった。

各作業単位の機械稼働調査は以下の要領で行なった。

採取場における集土・積込作業は積込作業を行なうショベルとダンプおよび積込待機中のダンプまでを視野に入れ、積込準備および退出（発進）までを1コマ/1秒のコマ送り速度でメモーション撮影により記録した。

本体工事における捨土、しきならし、転圧作業は、盛立面全体を視野に入れ、盛立面周囲に一定距離間隔でポールを立て、捨土待機位置到着から、捨土、退出にいたるダンプトラック、しきならし作業を行なうブルドーザ、転圧作業を行なうローラの挙動をメモーション撮影により記録した。

運搬作業の記録は、積込所要時間、運搬所要時間、捨土所要時間等の作業時間をその施工条件、運搬路の状態等との関連でとらえることを目的としており、積込待機点到着、積込開始、積込終了、捨土待機点到着、捨土開始、捨土終了等の各時刻を計測した。また、運搬距離の長い場合は、中間にも計測点を設けその通過時刻をも同時に記録した。

2-3 機械稼働解析

現場調査結果の整理のため(1)フィルムデータの読取り、(2)施工機械の動作分析、(3)各動作の所要時間分析を行なった。

(1)フィルムデータの読取り

フィルムデータの読取りには、写真2-2に示すモーションアナライザ(画像解析機)を用い、各施工機械の動作パターンを観察するとともに移動距離範囲、所要時間等のデータを収集した。

モーションアナライザの仕様は以下のとおりである。

モーションアナライザ PH-350 仕様 ((株) Nac 製)

1. フィルムの種類および容量 : 35mm B/W, カラー,
両目(但し35mmシネサイズフィルム)400ft
2. 投影倍率 : 10倍
3. フィルム送り
 - a) オートステップ(解析用送り)
: 1~10コマ範囲内で任意のコマ数選択が可能。
 - b) 連続送り : 1~32コマ/秒の範囲内で送り速度が連続可変である。
 - c) 正逆送り : 可能
 - d) フリッカーレス
4. フレーム・カウンタ : 5桁, 0復帰付
5. X・Y軸座標の測定 : X・Y軸のヘアラインはジョイスティックにより電動送り、微動は手動ハンドルにて合わせる。
6. 最小目盛 : 0.05mm
7. 角度測定範囲 : 0°~360°
 - a) 最小目盛 : 0.05mm
 - b) スクリーン寸法 : 360φ
8. 基点の設定 : カメラ振れなどの映像ブレの移動を補正するため基点カーソルと映像の基準点とを合わせることが出来る。
9. 映像の微動 : X・Y軸共, 最大2.5mm
10. 巻き戻し : リワインドレバーにより早巻き取りが可能
11. フィルム停止時間 : 最大30分
12. 光源 : 100V 300W ハロゲンランプ
13. 電源 : 100V AC 50/60Hz
14. 消費電力 : 約650VA
15. 重量 : 約84Kg

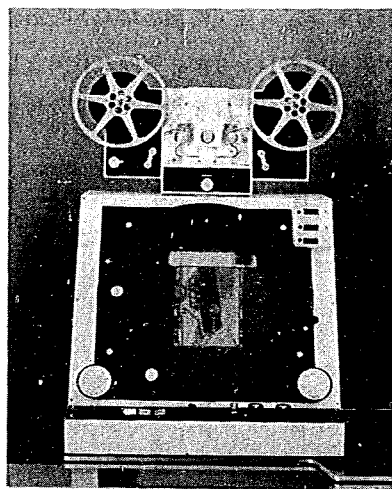


写真2-2

Motion Analyzer PH-350

(2) 動作分析

撮影フィルムの記録データおよび現場での観察結果等より，盛立材料の採取運搬，盛立の各作業に従事する各施工機械の挙動とその相互関係を把握し，機械稼働シミュレータ開発のための稼働モデル構成を行なった。実際の作業としては，各施工機械の動作分類，各動作の順序関係とその他の制約関係の分析等を後述の時間分析と並行して行なった。

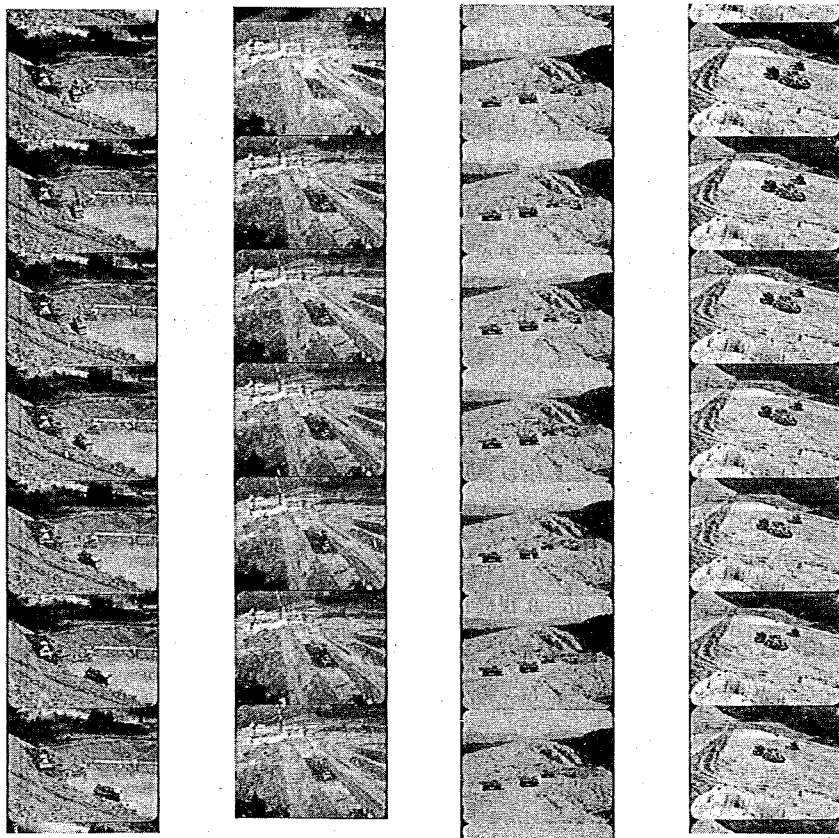


写真 2-3 メモーション撮影フィルム

(3) 時間分析

動作分析の結果に基づいて各所要時間の分析を行なうとともに，平均や分布に影響を与える要因（機械の性能・作業範囲・作業方法・オペレータの個性等）について統計的検定や分散分析等によりその支配度の推定を行なった。更にこれらの分析結果に基づき機械稼働シミュレータの演算実施のための所要動作時間（サイクルタイム）およびそのバラツキの推定法の開発を試みた。

2-4 実施した調査の内容

現場調査は1件のロックフィルムダムと2件のアースフィルムダムについて行なった。以下にその対象工事現場の概要、調査項目等を記す。

(1) 現場調査 その1

○日時 : S 4 8. 8

○場所 : 富山県白岩川ダム

○目的 : 調査の目的は、特にこの種の調査としては初めての試みであったため、盛立工事における施工実態を知ることと、施工機械の稼働状態の概要を把握することであった。したがってデータ解析の方向は、時間分析の最終目的である所要作業時間の平均と分布を正確につかむことよりも、むしろ機械の挙動のパターンやその相互関係を把握し(動作分析)、所要作業時間に影響を与える要因の検討を行なうことに重点が置かれ、その解析結果は49年度に開発された盛立工事における機械稼働シミュレータのシステム構成のための基礎データとなった。

○調査項目 : 機械稼働状態の記録は撮影位置、調査日程、現場の工程上の都合等によりロック材採取、ロック材運搬、堤体盛立の3つに限定された。

(a) ロック材採取 : 補助ブルドーザ、トラクタショベル、ダンプトラックによるI型積込作業のメモーション撮影(フィルム速度 1秒1コマ, 40分(2400コマ)撮影)

(b) ロック材運搬 : ストップウォッチによるダンプトラックの所要走行時間および走行速度の計測

(c) 堤体盛立 : ブルドーザおよび振動ローラによるロックおよびコアゾーンの盛立作業のメモーション撮影、捨土を行なうダンプトラックおよびリップラップ(法面整形)を行なうバックホウの挙動も同時に記録(撮影時間は1秒1コマで1時間)

○ダム諸元

ダムの構造、形式等の諸元を以下に記す。また、その標準断面を図2-4に示す。

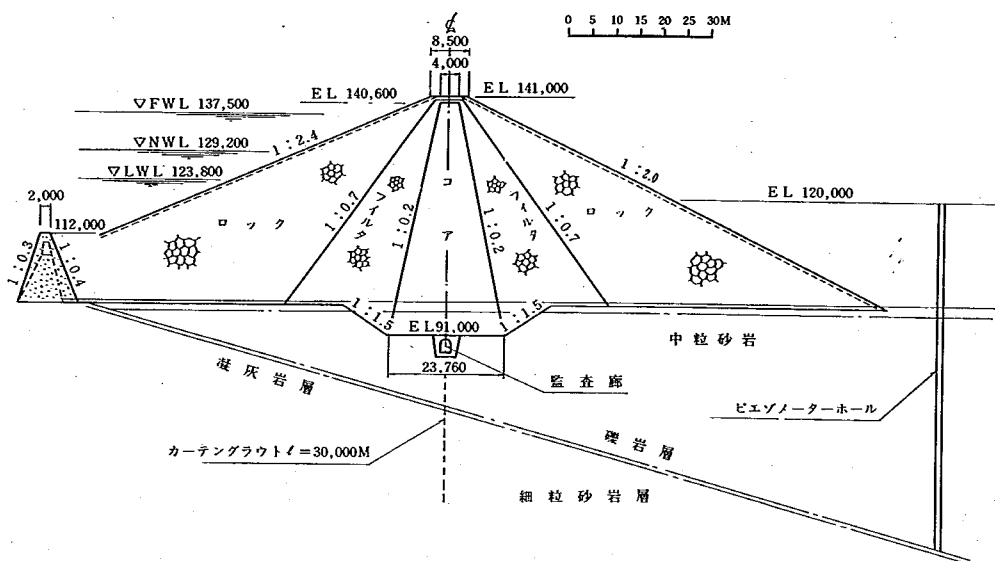


図 2-4 フィル堤体標準断面図

○築堤材料

i) コア材 : コア材はダム左岸前面台地に存する中粒砂岩および洪水吐掘削ズリの中粒砂岩を砕破して使用する。

ii) フィルター材 : 下流 6 Km の砂礫段丘を採取

$$G_s = 2.666 \quad 10\% \text{ 粒径} = 0.95 \text{ mm}$$

$$w = 12.7\% \quad 60\% \text{ 粒径} = 7.3 \text{ mm}$$

$$\text{均等係数} = 76.8$$

$$w_{opt} = 13.5\% \quad \gamma_a = 1.782 \text{ t/m}^3 \quad k = 8.5 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$$

$$\text{三軸 } \tan \phi = 0.613 \quad C = 1.52 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{直接せん断 (小型) } \tan \phi = 0.89 \quad C = 0.7 \text{ kg/cm}^2$$

iii) ロック材 : ダム上流 5 Km の閃緑安山岩を採取

$$G_s = 2.65$$

$$\gamma_d = 1.85 \text{ t/m}^3 \quad (\text{Max } 60 \text{ mm})$$

$$\tan \phi = 0.9 \quad (\quad // \quad)$$

○盛立工事概要

盛立工事は材料運搬距離がきわめて長いため、トラクタショベルとダンプの組合わせが採用されており、その他の施工機械の作業系統は以下の図 2-5 のとおりである。

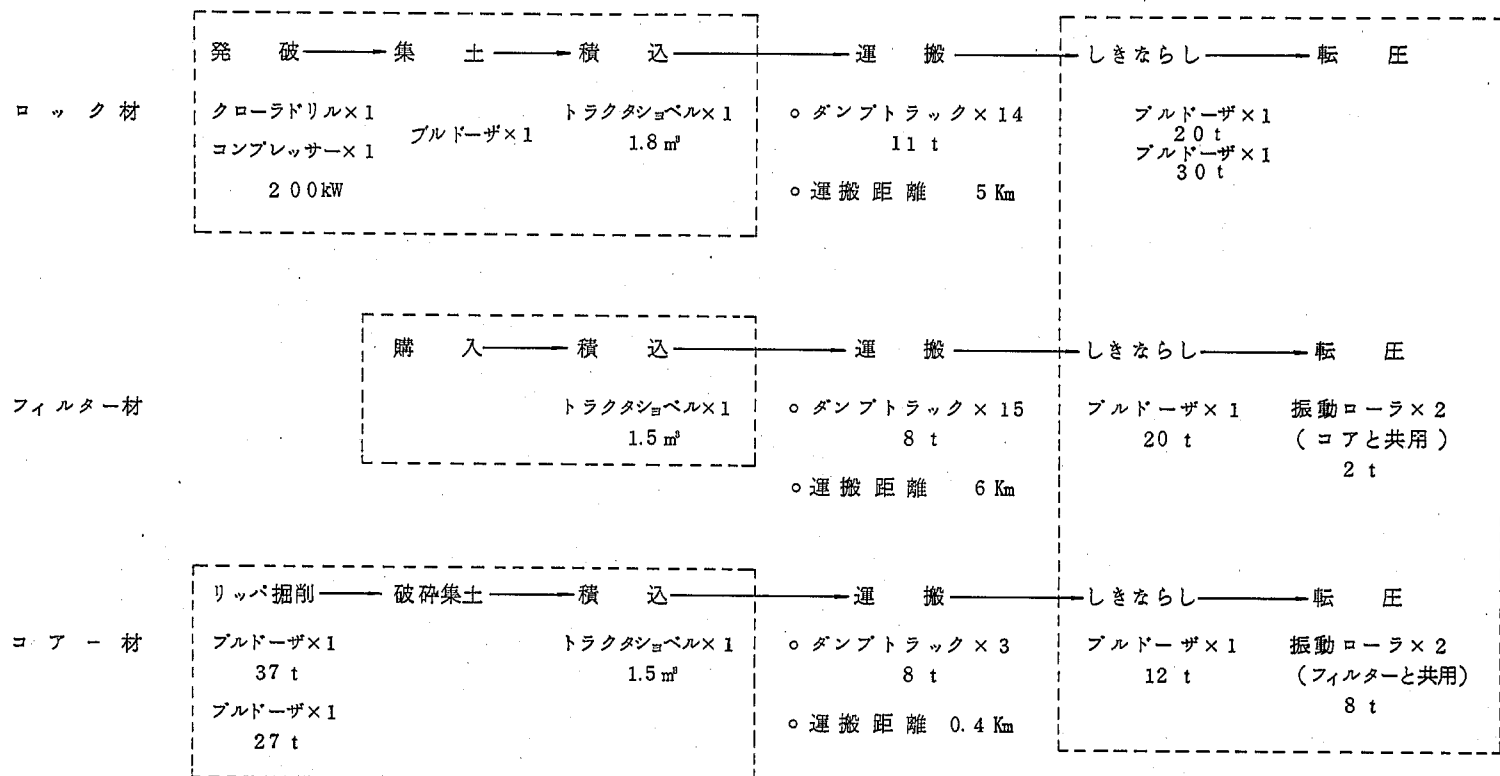


図2-5 盛立工事における作業系統

原石山における採取作業はベンチカット工法が採用されていたが、原石山が切り立っていること、計画採取量が少ないこと、掘削厚がうすいこと、等のため特に2段ベンチとし、上下段を交代に発破をかけ、ブルドーザで突落しつつトラクタショベルで積込む方式で作業が進められた。

コア材の採取場ではリッパドーザによる掘削と砕破が行なわれたのち、コンクリートの砕破台の上でブルによる細粒化の作業が行なわれた。

堤体各ゾーンの盛立および締固めは以下の様な締固め標準仕様に従って進められた。

ゾ ー ン 別	巻 出 し 厚	締 固 め 機 械	転圧回数	摘 要
コ ア	20 cm	10 t 級 振動ローラ	6	
フ ィ ル タ	30 cm	10 t 級 振動ローラ	4	
細 粒 ロ ッ ク	50～100cm	30 t 級 振動ローラ	4	

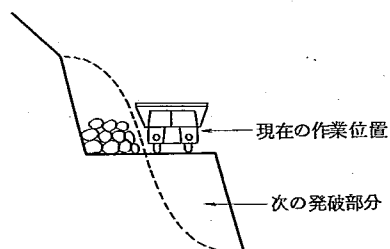


図 2-6 2 段ベンチカット工法

(2)現場調査 その2

- 日時：S49.8
- 場所：農林省東北農政局深田ダム
- 目的：各作業に従事する施工機械の所要動作時間の平均とバラツキを定量的に把握し、施工条件との関連を調べることが目的であり、No.1の調査が動作分析を主としたの比べ、時間分析の比重が大きい。

○調査項目

i) ランダム材集土積込

ランダム材第1採取場における補助ブルドーザ、ホイールローダ、15tダンプトラックによる集土積込作業のメモーション撮影(1秒に1コマのフィルム速度で2時間続行)

ii) ランダム材運搬

第1および第2採取場より下流側ランダムゾーンまでのダンプトラックによる材料運搬の所要時間測定(7台のダンプの到着、出発時刻を各作業場で3時間にわたって記録)

iii) ランダム材盛立

上流側ランダムゾーンにおけるブルドーザ、タイヤローラによる盛立作業のメモーション

撮影，ダンプトラックの捨土も同時撮影（撮影時間 2 時間，フィルム速度 1 秒 1 コマ）

○ ダム諸元

型 式 アースダム

堤 高 5 3.1 m

堤 長 3 1 6 m

堤頂巾 1 0 m

堤体積 1 1 2.3 万 m^3 $\left\{ \begin{array}{l} \text{ゾーンⅠ} \quad 18.7 \text{ 万 } m^3 \\ \text{ゾーンⅡ} \quad 80.7 \text{ 万 } m^3 \\ \text{その他} \quad \text{ドレーン，コファードム} \end{array} \right.$

堤勾配 上流側 1 : 3.0

下流側 1 : 2.0 ~ 1 : 3.5

地 質 新第3期砂岩（風化砂岩）

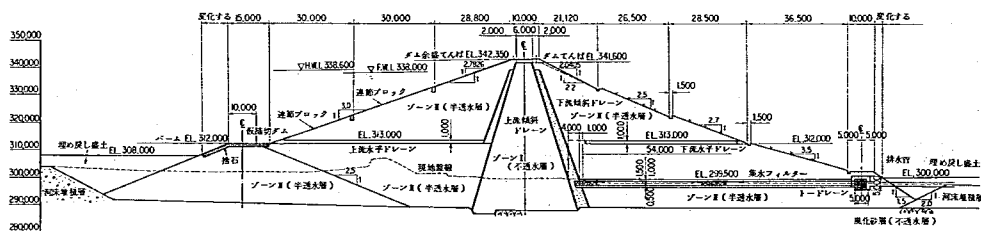


図2-7 深田調整池標準断面図

○ 築堤材料

コ ア ー 材 ダム上流側山腹の花崗岩質細粒砂岩，地山土量変化率（1/C）1.11，
ほぐし土量変化率（L/C）1.39

フィルター材 洗砂を購入

ランダム材 ダム側部丘陵部頂上付近の花崗岩質粗粒砂岩，地山土量変化率（1/C）0.83，
ほぐし土量変化率（L/C）1.25

○ 工事概要

堤体盛立工事における施工機械と作業系統は以下の図2-8のとおりである。

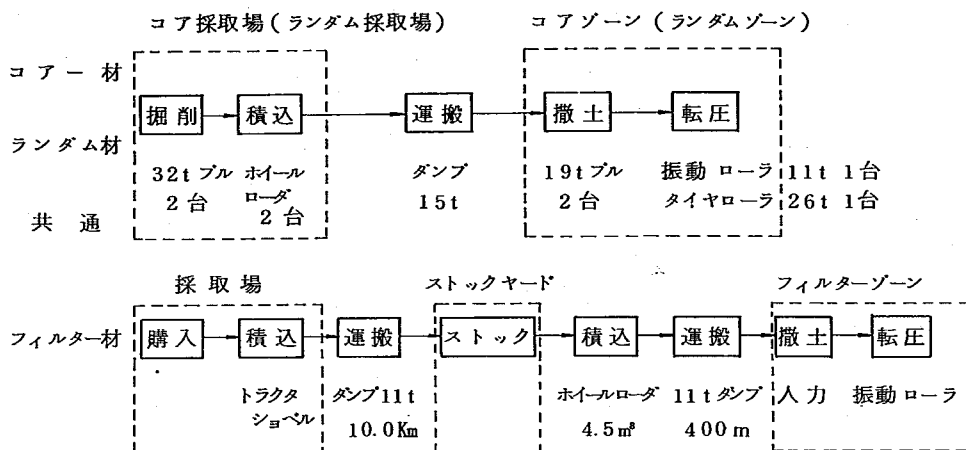


図 2 - 8 盛立工事の作業系統

(3) 現場調査 その 3

- 日時 : S 4 9. 6
- 場所 : 千葉県荒木根ダム
- 目的 : けん引式スクレーバによる材料運搬作業の動作, 時間分析および盛立面における各施工機械の挙動の相互関係等の把握を主たる目的として行なった。
- 調査項目

Ⅰ) ランダム材運搬盛立て

ランダム材の運搬を行なうけん引式スクレーバの採取場から盛立面までのサイクル挙動をメモーションカメラで撮影, 同時に, ランダムゾーンのしきならしを行なうブルドーザの動作も記録 (施工現場全体の同時撮影のため視野が広くフィルム解像能力が小さい。)

Ⅱ) コア材盛立て

コアゾーンにおけるスクレーバの撒土, ブルドーザのしきならしおよび一次転圧, タイヤローラによる転圧をメモーションカメラにより同時撮影。

○ ダム諸元

型 式	アースダム
堤 高	3 3. 5 m
堤 長	3 0 2 m
堤体積	3 4. 9 万 m³
法勾配	上流側 1 : 3. 5
	下流側 1 : 2. 5 ~ 1 : 3. 0

標準断面図

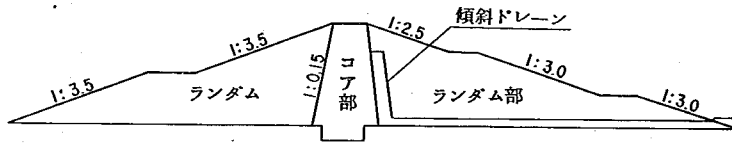


図 2-9 荒木根ダムの標準断面

。工事概要：ブルドーザが削土整地した土取場から3台のけん引式スクレーバが盛立材料を運搬する。コア材は途中、含水比調節のためストックされるものもある。盛立は、ブルドーザによるしきならしと仮転圧ののち、タイヤローラによる転圧が行なわれる。

これらの作業系統を図2-10のようにする。

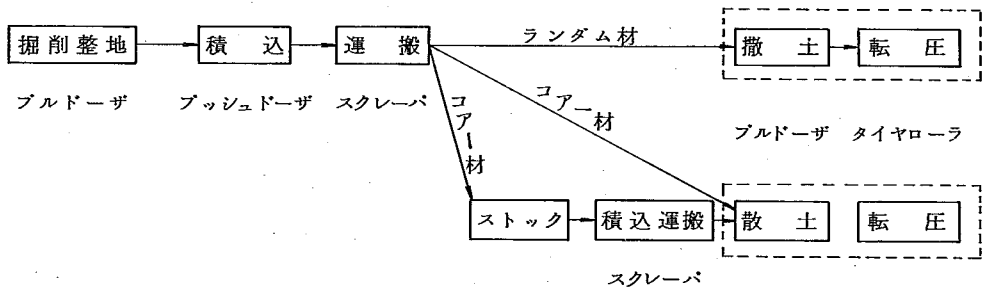


図 2-10 盛立工事の作業系統図

3. 調査結果

3-1 採取場における積込作業

3-1-1 概要

採取場における施工機械等による各種作業は一般に、準備作業、採取作業、集土積込作業等に区別される。準備作業とは、立木の伐開、除根、表土処理、作業面整形等のいわゆる作業場の整理である。次の採取作業とは、盛立材料を掘削、破碎する作業で、土質に応じて発破、リップ、ショベル掘削等の方法がとられる。集土積込作業とは、これらの材料を運搬機に積込む作業であり、パワーショベルやスクレーパ等の様に前述の採取作業と区別出来ない場合もある。以上の各作業の関係を図3-1に示す。

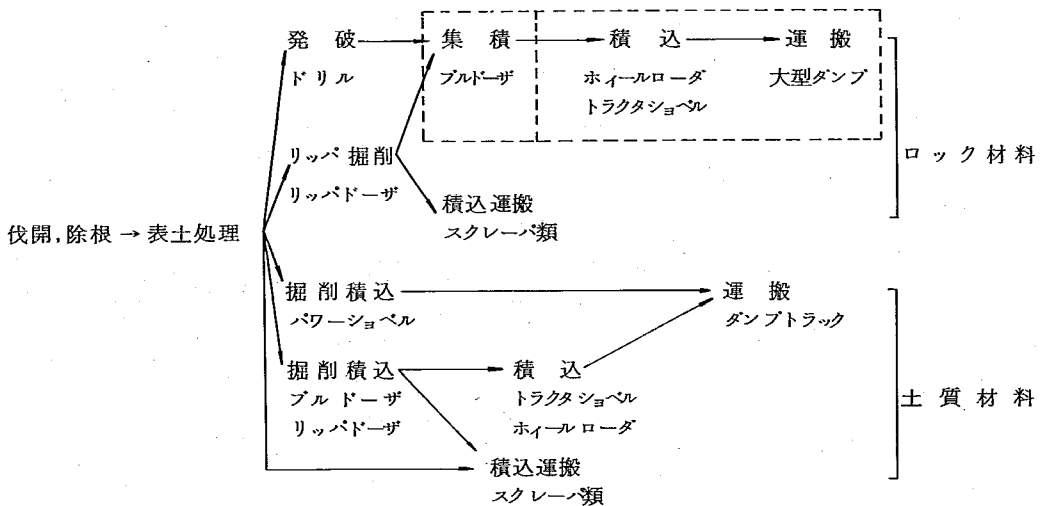


図3-1 採取場における作業系統

前述のように本調査では、ショベル系積込機（トラクタショベル、ホイールローダ）によるダンプトラックへの積込を解析対象とし、作業中のトラクタショベル、ダンプトラックの挙動の解析、および施工能力に直接影響を与える所要積込時間（サイクルタイム）の検討を行なった。

なお、集土積込作業は、補助ブルドーザにより押土集積された材料をホイールローダもしくはトラクタショベルで積込む方法が一般的であり、その時のショベルの動作によりI形積込とV形積込に分けられるが、解析の対象となった調査地1および地2を実施した現場ではいずれもI形積込が行なわれていた。

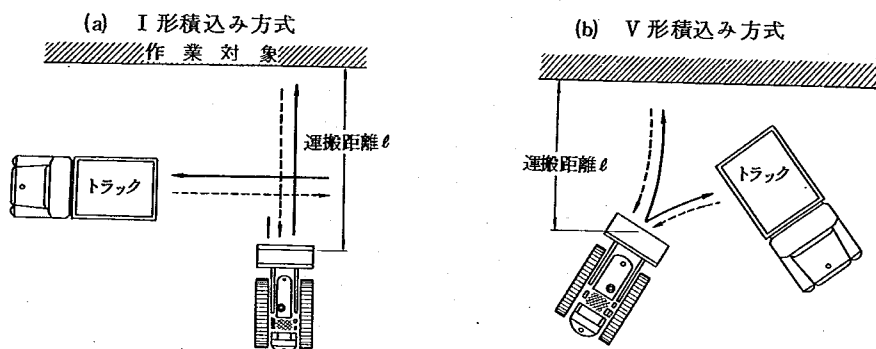


図 3-2 トラクタショベルの積込方式

3-1-2 原石採取場

本節のデータは、調査Ⅱのロックフィルダムのロック材採取場における積込作業に関するものである。

(1) 作業概要

2 段ベンチ発破により破碎されたロック材をブルドーザがかき集め、トラクタショベルがダンブトラックに積込みを行なう。積込形式は、道路土工指針に定める I 型であり、積込作業中、ダンブも前後進を行ない。作業協力を行なう。積込作業に関する主な工事諸元については以下に示す。

施工機械

ブルドーザ	20 t	1 台	破碎ロックの集積
トラクタショベル	1.8 m³	1 台	集積ロックの積込
ダンブトラック	11 t		ロック運搬
	8 t		//

積込方法

型 式	I 型
積込回数	8 t ダンブ 3 回
	11 t ダンブ 4 回

積込材料

閃緑安山岩

$$G_s = 2.65, \quad \gamma_d = 1.85 \text{ t/m}^3, \quad \tan \phi = 0.9$$

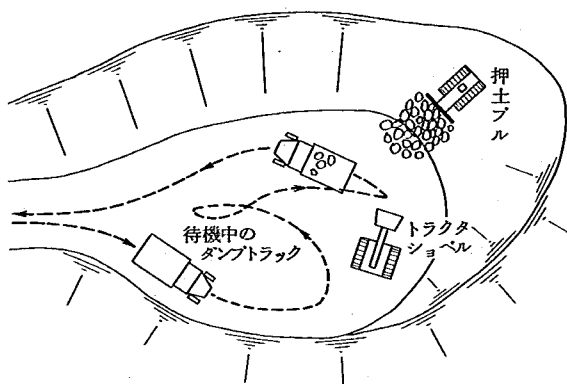


図 3 - 3 採取作業概要

(2) 施工機械の動作分析

原石山におけるロック材の集土積込作業の機械稼働の観察およびメモーション撮影フィルム分析の結果作業に従事するブルドーザ、トラクタショベル、ダンプトラックの挙動を以下のように分類した。

a. ブルドーザ

集土作業……ベンチ発破により破碎された材料を積込みのために集積する。

- 集土前進
- 後退
- 方向転換

b. トラクタショベル

① すくい込み……集土された材料をバケットにすくい込む。

- 前進 (方向転換)
- すくいあげ
- 後退

② 積おろし待ち……ダンプの協力動作の遅れを待つ。

③ 積おろし……ダンプの荷台に材料をおろす。

- 前進
- 積おろし
- 後退

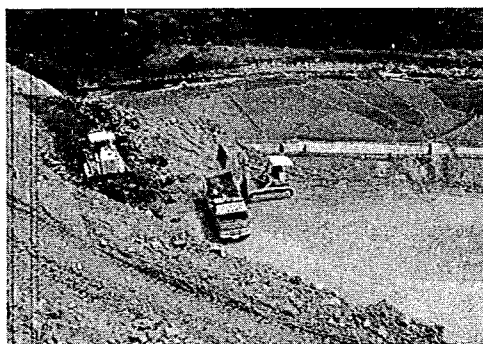


写真 3 - 1 ロック材積込作業

c. ダンプトラック

① 作業場進入……運搬道路より場内に進入する。

② 待 機……他のダンプが積込作業をしている場合には、待機地点で停止する。

③ 積込準備……待機地点もしくは進入地点より積込地点まで移動し、積込みを受ける態勢に入る。

〔前 進（方向転換）
後 退

④ 積込協力……トラクターショベルの積込みに協力するため、前後進してトラクターショベルの移動量を軽減する。

〔前 進
後 退

⑤ 退 出……積込完了後、搬走のため場外へ退出する。

これらの動作のうちトラクターショベルとダンプトラックの動きが互いに関係をもつのは明らかであるが、本データによる限りでは、ブルドーザの動作は独立に行なわれていると見なしうる。したがって、積込作業時間にブルドーザの動作は、直接は影響しないと考え、この分析対象から除外する。

ダンプトラック、トラクターショベルの積込作業時における一般的な挙動を時間軸によって示すと図3-4のようになる。

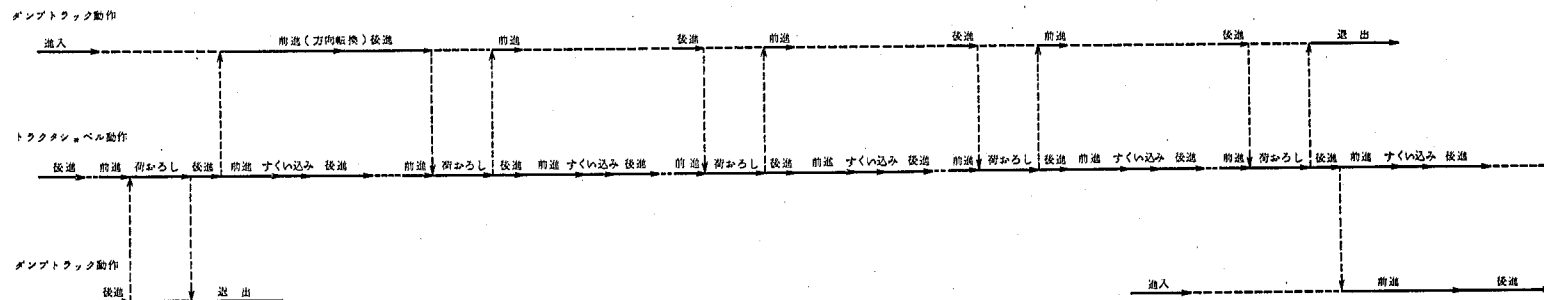


図 3-4 積込作業におけるショベル・ダンプの時間的挙動

(3) フィルムデータの時刻読取り

前節において、ダンプトラック、トラクターショベルの積込作業時における挙動を詳細に分析したが、この中には判別の困難な複合動作や所要時間を推定するうえで、読み取ることが重要とも思われない動作が数多く混在している。積込所要時間を推定し、その特性を知る目的から検討すべき動作は、ダンプトラックの積込準備、退出、トラクターショベルのすくい込み、荷おろし待ち、荷おろし、に限定した。したがって撮影フィルムよりの時刻読取データは以下に示すものとなる。

ダンプ

- | | |
|-----------|-----------------------------|
| 1. 積込準備動作 | 準備動作開始
前進終了、後進開始
後進終了 |
| 2. 退出動作 | 退出開始
退出終了 |

トラクターショベル

- | | |
|------------|--------------|
| 1. すくい込み作業 | 前進開始
後進終了 |
| 2. 荷おろし | 前進開始
後進終了 |

表3-1に読取ったデータを示す。但し、ダンプトラックの準備作業の終了時刻は、フィルムからは判別できず、トラクターショベルの1回目荷おろし開始時刻もダンプトラックが移動を開始した時刻とした。

表 3 - 1 横込作業におけるショベル・ダンプの挙動（フィルムデータの読取りコマ数）

（注） 8：ダンプトラック：3 回横込

11：ダンプトラック：4 回横込

	横込準備（ダンプトラック）			第 1 回横込（トラクター・ショベル）				第 2 回横込（トラクター・ショベル）				第 3 回横込（トラクター・ショベル）				第 4 回横込（トラクター・ショベル）				退 出		備 考
	進 入 開 始	後 進 開 始	終 了	すくい込 開 始	すくい込 終 了	荷おろし 開 始	荷おろし 終 了	すくい込 開 始	すくい込 終 了	荷おろし 開 始	荷おろし 終 了	すくい込 開 始	すくい込 終 了	荷おろし 開 始	荷おろし 終 了	すくい込 開 始	すくい込 終 了	荷おろし 開 始	荷おろし 終 了	開 始	終 了	
1	18	29		0	16	44	54	54	70	74	81	81	95	101	120					120	135	3 回目の横込に もたつきあり
2	160	173		161	180	186	194	194	209	209	215	215	230	230	237	237	254	254	264	264	276	
3	268	281		265	280	292	300	300	317	318	325	325	341	341	349	349	366	366	379	377	387	
4	387	397		379	399	413	422	422	440	443	450	450	465	472	479	479	494	499	511	509	519	
5	578	589		522	535	601	614	614	625	625	634	634	651	652	662					662	677	
6	638	879		662	682	905	919	919	938	943	953	953	970	973	985					984	1,001	準備時間 打合せあり
7	985	1,001		985	1,009	1,018	1,032	1,032	1,049	1,050	1,059	1,059	1,085	1,085	1,098					1,097	-	横込前に 打合せあり
8	1,104	1,116		1,098	1,116	1,129	1,141	1,141	1,161	1,161	1,170	1,170	1,190	1,190	1,199	1,199	1,220	1,222	1,236	1,232	1,246	
9	1,589	1,605		1,236	1,256	1,617	1,632	1,632	1,650	1,651	1,660	1,660	1,680	1,683	1,635					1,693	1,711	
10	1,711	1,719		1,695	1,720	1,731	1,740	1,740	1,759	1,759	1,768	1,768	1,784	1,784	1,796					1,794	1,808	
11	1,800	1,813		1,796	1,813	1,827	1,835	1,835	1,852	1,852	1,861	1,861	1,879	1,879	1,886	1,886	1,906	1,906	1,916	1,915	1,926	
12	1,925	1,937		1,916	1,937	1,958	1,968	1,968	1,989	1,991	1,999	1,999	2,017	2,018	2,027	2,027	2,043	2,046	2,059	2,057	2,074	
13	2,116	2,133		2,059	2,080	2,150	2,168	2,168	2,185	2,191	2,200	2,200	2,222	2,226	2,232	2,232	2,250	2,257	2,269	2,267	2,282	
14	2,343	2,355		2,269	2,290	2,437	2,449	2,449	2,472	2,474	2,484	2,484	2,500	2,500	2,515					2,513	2,528	準備時間後 しばらく停止
15	2,525	2,539		2,515	2,533	2,549	2,561	2,561	2,576	2,576	2,587	2,587	2,602	2,602	2,611	2,611	2,628	2,628	2,643	2,639	2,656	
16	2,656	2,669		2,643	2,663	2,684	2,697	2,697	2,713	2,713	2,721	2,721	2,736	2,736	2,746					2,746	2,763	
17	2,936	2,950		2,746	2,770	2,962	2,973	2,973	2,994	2,994	3,005	3,005	3,021	3,023	3,033					3,031	3,045	
18	3,049	3,057		3,033	3,060	3,065	3,078	3,078	3,094	3,097	3,105	3,105	3,121	3,123	3,135					3,156	-	
19	3,160	3,170		3,156	3,175	3,182	3,196	3,196	3,213	3,213	3,223	3,223	3,240	3,240	3,251	3,251	3,268	-	-	-	-	

(4) ダンプトラックの作業時間の分析

ダンプトラックの各作業の所要時間の分布形状とその巾を知る目的で表3-1より準備作業時間前進準備作業時間（後退）および退出時間を求める。これら、ダンプトラックの所要作業時間を表3-2に、また、データのバラツキの程度を表わすヒストグラム、平均値、標準偏差、95%範囲、99.7%範囲等の各指標を図3-5に示す。ここで表3-2における☆印は3 σ 法による棄却データである。

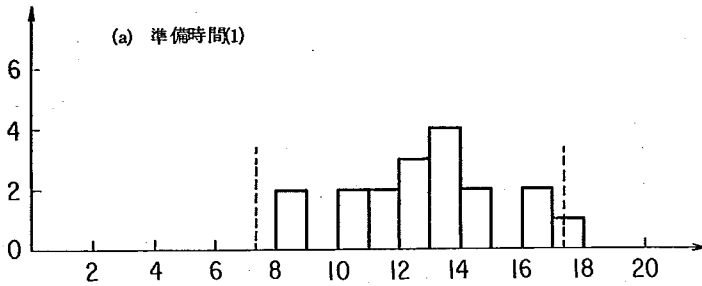
データ数が19と非常に少ないので、はっきりしたことは言えないが、準備時間(1)、準備時間(2)、退出時間という、各々の一挙動の所要時間のバラツキ（標準偏差S）が、殆んど等しいことが興味深い。

表3-2 ダンプトラックの所要時間

	準備時間(1)	準備時間(2)	準備時間	退出時間
1	11	15	26	15
2	13	13	26	12
3	13	11	24	10
4	10	16	26	10
5	11	12	23	15
6	☆	☆	☆	17
7	16	17	33	—
8	12	13	25	14
9	16	12	28	18
10	8	12	20	14
11	13	14	27	11
12	12		33	17
13	17	17	34	15
14	12	☆	☆	15
15	14	10	24	17
16	13	15	28	17
17	14	12	26	14
18	8	8	16	—
19	10	12	22	—

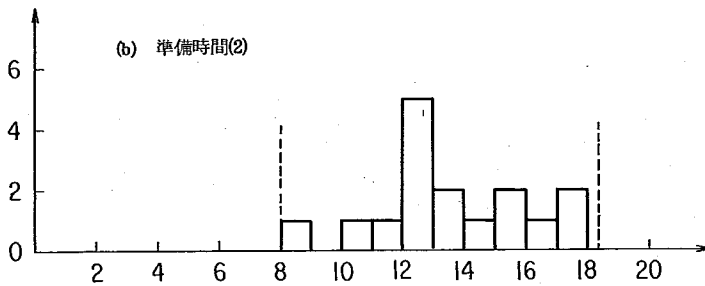
$\bar{x} = 12.39$
 $S = 2.52$

95% 範囲 7.35 ~ 17.43
 99.7% 範囲 4.83 ~ 19.95



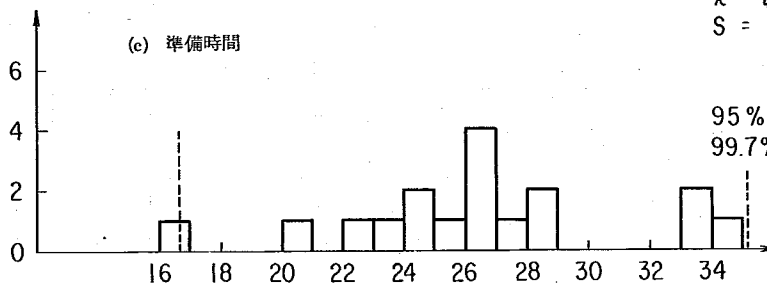
$\bar{x} = 13.06$
 $S = 2.49$

95% 範囲 8.085 ~ 18.41
 99.7% 範囲 5.596 ~ 20.53



$\bar{x} = 25.94$
 $S = 4.62$

95% 範囲 16.70 ~ 35.18
 99.7% 範囲 12.08 ~ 39.80



$\bar{x} = 14.44$
 $S = 2.56$

95% 範囲 9.32 ~ 19.56
 99.7% 範囲 6.76 ~ 22.12

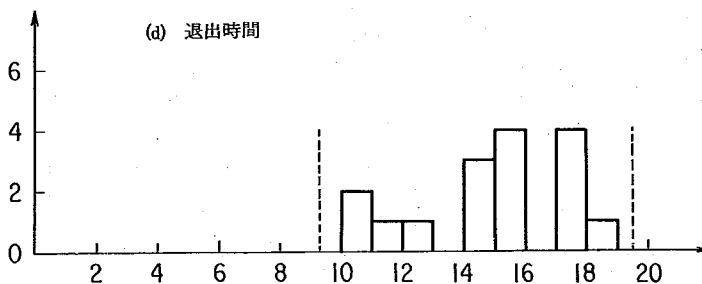


図 3-5 ダンプ・トラックの所要時間

(5) トラクターショベルの作業時間分析

前節と同様に、表3-1よりトラクターショベルの作業時間すなわちすくい込み時間、荷おろし待ち時間、荷おろし時間を算定し、表3-3に示す。表3-3における各々のデータについて以下に検討する。

1) すくい込み時間の検討

所要すくい込み時間として、全データを用いた統計処理の妥当性を検討する。まず、第1回目のすくい込みは、通常1台のダンプトラックが退出した後、次のダンプトラックが積込準備を完了するまでの間に行なわれればよい。この積込準備時間は、すくい込み時間に比してかなり長いものであるから、トラクターショベルの動作に多少の余裕が生じる。この1回目のすくい込み時間が2~4回のそれに対し、有意な差が認められれば、第1回目のデータを通常の作業におけるすくい込み時間の算定に用いることは適当でないことになる。そこで統計的検定によりその差を判定する。第1回目のすくい込み時間の平均 $\bar{x}_1$ 、標準偏差 S_1 、第2回目以後のすくい込み時間の平均 $\bar{x}_2$ 、標準偏差 S_2 を計算する。

$$\bar{x}_1 = 18.84 \text{ sec} \quad \bar{x}_2 = 17.65$$

$$S_1 = 5.54 \quad S_2 = 2.60$$

$$n_1 = 19 \quad n_2 = 47$$

ここで、 $\bar{x}_1$ 、 $\bar{x}_2$ の母平均 μ_1 、 μ_2 、母標準偏差 σ_1 、 σ_2 とし、検定仮説 $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ をとる。仮説 H_0 のもとでは、変数 $\bar{X}_1 - \bar{X}_2$ は平均0、標準偏差 $\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$ の正規分布に従う。ここで、標本数 $n_1 = 19$ 、 $n_2 = 47$ であるから、 σ_1 、 σ_2 として、 S_1 、 S_2 を採用すると、 $\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{5.54^2}{19} + \frac{2.60^2}{47}} = 1.33$ 、したがって、信頼度95%の棄却域は

$$|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| > 1.33 \times 2 = 2.66, \quad \text{ここで、} \bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 18.84 - 17.65 = 1.19, \quad \text{この値は、}$$

棄却域に落ちないから採択される。したがって、第1回目のすくい込み時間が2~4回目のそれと、有意な差があるとは断定出来ない。

次に、これらのデータのバラツキが何に起因するものかを検討する。考えられる要因としては、材質、集土状況、機械性能、トラクターショベルのオペレータの技能等があるが、ここにおけるデータからは、それらの判定は不能である。ここでは、積込協力動作を行なうダンプトラックのオペレータの個性(技術差、性格)がどの程度影響しているかを検討するために、一元分散分析を行なう。検定仮説 H_0 : として、「協力動作を行なうダンプトラックのオペレータの個性は影響しない」と取る。

$$V_c = \frac{\sum_{i=1}^{19} S_i^2}{0} = 8.58$$

$$V_m = 6.51$$

$$F = \frac{V_m}{V_c} = 0.76$$

$$V_1 = C - 1 = 18$$

$$V_2 = C(V-1) = C \times 2 = 36 \text{ より}$$

5%の棄却域は $F > 2.5$ (5%)

この値は棄却域におちず、仮説は採択され、ここに得られたデータによっては、ダンプトラックのオペレータによる差は判定出来ない。

以上2通りの統計的検定の結果、ここに検討した要因は、特にデータのバラツキに支配的とは言えない程度であることが判明した。したがって、すくい込み時間の特性値の全データを用いて算定する。すくい込み時間の全データについて、平均、標準偏差およびヒストグラムを図3-6に示す。

II) 荷おろし待ち時間の検討

荷おろし待ち時間とは、トラクターショベルのすくい込み動作が終了後、ダンプトラックが後進して、荷おろしが出来る状態になるまでと定義される。第1回目の荷おろし待ちは、進入してくるダンプトラックの位置決めが終了するまで待機するため、荷おろし待ち時間は第1回目とそれ以後で明らかに性格の異なるものである。すなわち、第1回目では、待機中のダンプトラックおよび進入してきたダンプトラックに対するトラクターショベルの荷おろし待ち時間は、おおむね次の様に次式にて示される。

$$\text{第1回荷おろし待ち時間} = \begin{cases} \text{準備作業時間} - \text{すくい込み時間} & (\text{待機ダンプ}) \\ \text{準備作業時間} - \text{すくい込み時間} - \text{ダンプ到着待ち時間} & (\text{待機しないダンプ}) \end{cases}$$

特に後者は、運搬作業工程全体の影響によるもので、第2回以後のただ単にトラクターショベルとダンプトラックの組み合わせによって生じるものと同種のデータとはとうてい見なせるものではない。したがって、ここに定義するすくい込み待ち時間のデータとしては、第2回以降のみを採用する。作業の観察を行なった結果は、積込協力動作を行なうダンプトラックのオペレータの個性によりこの値が影響をうけている様に見うけられた。そこで、分散分析によりこの仮説を統計的に検定する。

検定仮説：荷おろし待ち時間はオペレータの個性に関係ない。

表 3-3 トラクターシヨベルの積込作業時間分析表

データ	1 回 目 積 込				2 回 目 積 込				3 回 目 積 込				4 回 目 積 込				全所要 時 間
	すくい込 時 間	荷おろし 待ち時間	荷おろし 時 間	計	すくい込 時 間	荷おろし 待ち時間	荷おろし 時 間	計	すくい込 時 間	荷おろし 待ち時間	荷おろし 時 間	計	すくい込 時 間	荷おろし 待ち時間	荷おろし 時 間	計	
1	16	28	10	54	16	4	7	27	14	6	19	39					120
2	19	6	8	33	15	0	6	21	15	0	7	22	17	0	10	27	103
3	15	12	8	35	17	1	7	25	16	0	8	24	17	0	13	30	114
4	20	14	9	43	18	3	7	28	15	7	7	29	15	5	12	32	132
5	13	66	13	92	11	0	9	20	17	1	10	28					140
6	20	223	14	257	19	5	10	34	17	3	12	32					323
7	24	9	14	47	17	1	9	27	26	0	13	39					113
8	18	13	12	43	20	0	9	29	20	0	9	29	21	2	14	37	138
9	20	361	15	396	18	1	9	28	20	3	12	35					459
10	25	11	9	45	19	0	9	28	16	0	12	28					101
11	17	14	8	39	17	0	9	26	18	0	7	25	20	0	10	30	120
12	21	21	10	52	21	2	8	31	18	1	9	28	16	3	13	32	143
13	21	70	18	109	17	6	9	32	22	4	6	32	18	7	12	37	210
14	21	147	12	180	23	2	10	35	16	0	15	31					246
15	18	16	12	46	15	0	11	26	15	0	9	24	17	0	15	32	128
16	20	21	13	54	16	0	8	24	15	0	10	25					103
17	24	192	11	227	21	0	11	32	16	2	10	28					287
18	27	5	13	45	16	3	8	27	16	2	12	30					102
19	19	7	14	40	17	0	10	27	17	0	11	28	17				

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
S	1.41	0	0.71	2.83	0.71	1.41	0.71	0	1.41	0	0	0.71	1.41	1.41	0	0	1.41	0.71	0
$\bar{x}$	5	0	0.5	5	1	4	0.5	0	2	0	0	1.5	5	1	0	0	1	2.5	0

$$V_c = \frac{\sum_{i=1}^c S_i^2}{C} = 1.18$$

$$V_m = \frac{r}{c} \cdot \sum (\bar{x} - \bar{x}_i)^2 = 3.04$$

$$F = 2.58$$

$$5\% \text{の棄却域は } F > 2.23$$

仮説 H_0 は棄却され、この荷おろし待ち時間が、オペレータの個性に支配されるであろうことが統計的にも認められた。図3-7にヒストグラム $\bar{x}$, Sを示す。

iii) 荷おろし時間の検討

荷おろし作業の観察結果では、最後の荷おろしの段階で、トラクターショベルがダンプトラック荷台の土砂をならしている動作が認められた。したがって、まず最終の荷おろし時間とその他の荷おろし時間が同じ母集団を持つと考えることの妥当性を検討する必要がある。そこで、最終荷おろし時間の平均 $\bar{x}_1$, 分散 S_1^2 , それ以外の荷おろし時間の平均 $\bar{x}_2$, 分散 S_2^2 とすると

$$\bar{x}_1 = 12.44 \quad S_1 = 2.31 \quad n_1 = 18$$

$$\bar{x}_2 = 9.83 \quad S_2 = 2.57 \quad n_2 = 47$$

検定仮説 $H_0: \bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0$ をとる。

$$\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{2.57^2}{47} + \frac{2.31^2}{18}} = 0.66$$

$$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 12.44 - 9.83 = 2.61$$

$$9.5\% \text{ 棄却域は } 2\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} \text{ より}$$

$$|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| > 1.32$$

仮説 H_0 は棄却され、最終荷おろし時間とそれ以外の荷おろし時間との間に有意な差があることが認められる。

したがって、この推定値を用いれば、有意差が認められない。最後に、これまで同様ダンプトラックのオペレータの個人差による変動の分析を行なう検定仮説 H_0 として「個人差による影響はない」と取る。

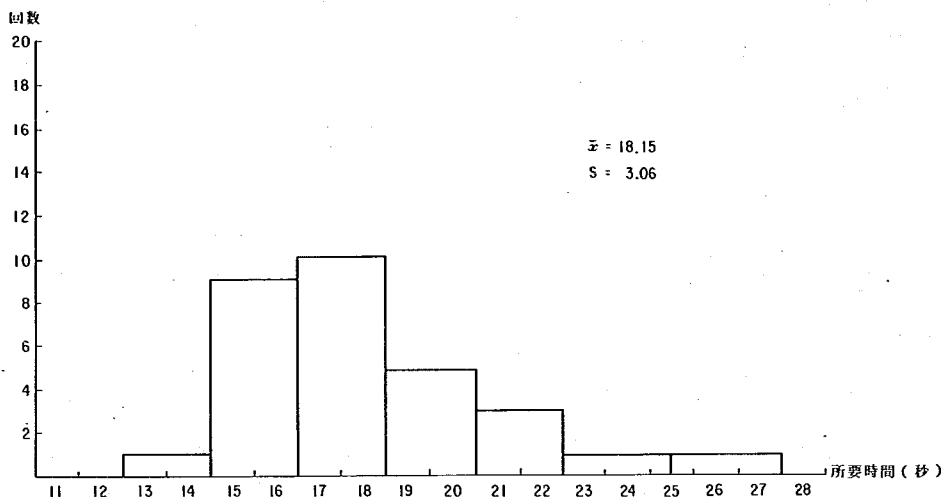


図 3-6 トラクターショベルのすい込時間

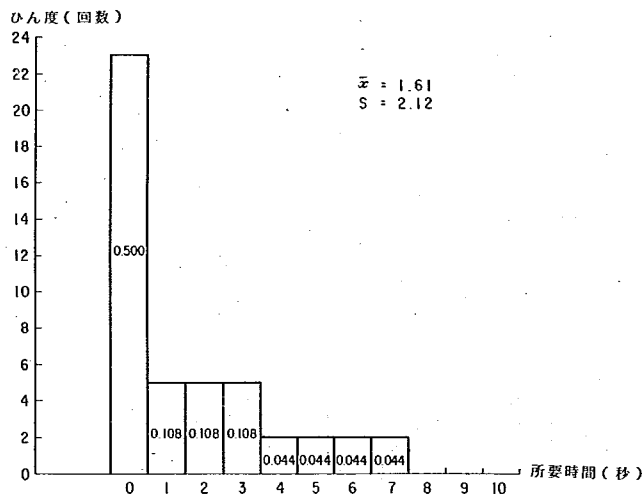


図 3-7 ショベルの荷おろし待ち時間

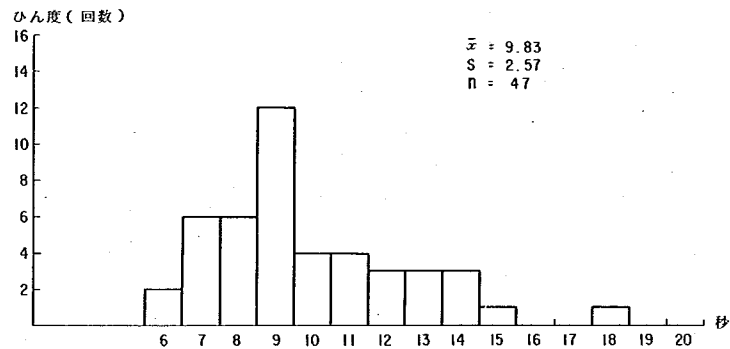


図 3-8 ショベルの荷おろし時間

$$V_c = \frac{403.2791}{32 + 33} = 6.20$$

$$V_m = 1.4$$

$$F = \frac{V_m}{V_c} = 0.26$$

5%棄却域は $F > 1.8$, したがって、仮説 H_0 は棄却出来ず、オペレータの個性による影響は一応否定された。したがって、荷おろし所要時間のデータとしては最終回を除いた値を用いる。

図3-8にヒストグラム $\bar{x}$, S を示す。

iv) 積込所要時間

全体の積込所要時間を表2-2-1より算出する。所要時間は、ダンプトラックの準備作業の開始から積込を終了し、退出を始めるまでとし、積込回数の3回(8tダンプ)と4回のものに区別した。以下にそのデータを示す。但し、作業中打合わせその他の事情で明らかに遅れたものの取扱いは別途考慮するものとし、ここでは標準的かつ平均的なサイクルタイムを算出するという目的からこれを棄却した。棄却データは*印を以てこれを示す。また、土工指針による推定値を x_0 で示す。

※ 8 t ダンプトラックへの積込所要時間(3回積込)

データ No	1	5	6	7	9	10	14	16	17	18
所要時間(秒)	102	84	364*	112	104	83	170	90	95	107

$$n = 7 \quad \bar{x} = 95.0 \quad S = 9.7$$

$$x_0 = (5 + 12 + 2 \times 8) \times 3 = 99$$

※ 11 t ダンプトラックへの積込所要時間(4回積込)

データ No	2	3	4	8	11	12	13	15
所要時間(秒)	104	109	122	128	115	132	151	114

$$n = 8 \quad \bar{x} = 121.9 \quad S = 15.0$$

$$x_0 = (5 + 12 + 2 \times 8) \times 4 = 132$$

以上、データ数が少なく統計的処理を行なうことが出来なかった。なお、道路土工指針による推定値との差については別途述べるものとするが、本資料のデータが標準的なしかも作業が円滑に行なわれている時のデータであるから、工事全体から見れば更にその値は大きくなることは十分考えられる。

3-1-3 ランダム材採取場

本節のデータは、調査区2のアースダムのランダム材採取場における積込作業に関するものである。

(1)作業概要

伐開、除根、表土はぎの終了した採取地点において、リッパドーザがランダム材の掘削集土の各作業を行なう。集土されたランダム材はホイールローダによりダンプトラックに積込まれる。積込形式は道路土工指針に定めるI型である。積込作業の概要を図3-9および写真3-2に示す。また、積込作業に従事する施工機械等の諸元は以下のとおりである。

○施工機械

リッパドーザ	掘削、集土	32t	2台
ブルドーザ	集土、積込補助	21t	1台
ホイールローダ	積込	平積2.6m ³ 、3.1m ³	各1台
ダンプトラック	運搬	15t	7台

○積込方法

I型積込， 積込回数 3回

○積込材料

花崗岩質粗粒砂岩の破砕片

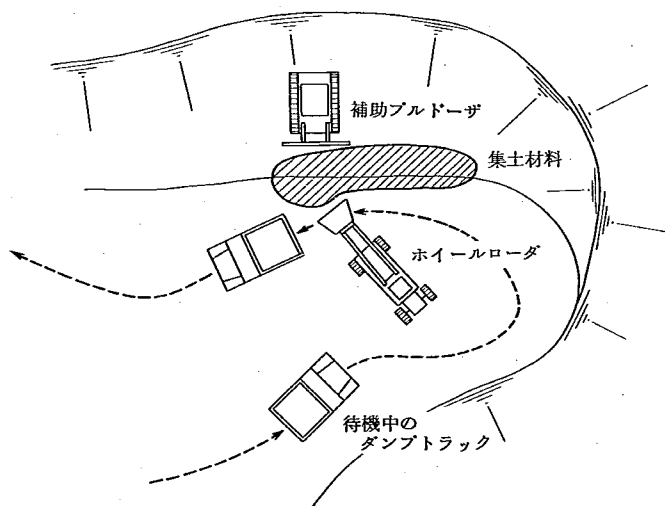


図3-9 ランダム材積込作業概要

(2) フィルムデータの読取り

Ⅱ 1 の調査の場合と機械稼働は殆んど差異が見られなかったため、同様な動作読取時刻を設定してデータ収集を行なった。すなわち集土作業を行なう補助ブルドーザの挙動を解析対象から除外し、ダンプトラックの積込準備のための位置決めおよび退出、ホイールローダのすくい込み、荷おろし待ち、荷おろしの各動作の解析に主眼をおいた。表 3-4 に各動作時刻の読取りデータを示す。

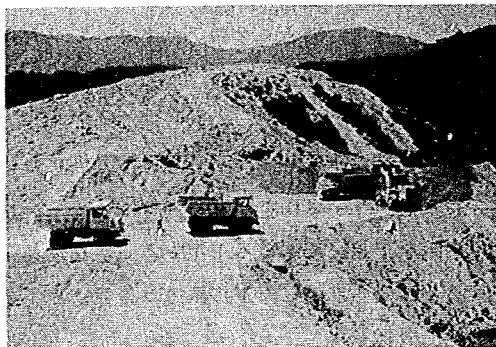


写真 3-2 ランダム材積込作業

(3) ホイールローダの作業時間分析

ホイールローダによる積込作業の所要時間算定結果を表 3-5 に示す。すなわち、各積込回数毎のすくい込み時間、荷おろし待時間、荷おろし時間、および 1 回当りの積込所要時間、ダンプトラック 1 台当り (3 回積込) の積込所要時間である。また、表中の*印のデータは 3 σ 法による棄却データである。また、これらの値の分布を図 3-10 に示す。この現場では、足まわりの土質や積込の困難のため前記の調査Ⅱ 1 に比して平均値分布巾ともかなり上まわっていることがうかがえる。

表 3-4 調査 № 2. 積込時間データ (フィルム読取值)

TD1			TP1				TP2				TP3				TD2	
積込準備 (ダンプトラック)			第 1 回積込 (トラクタ・ショベル)				第 2 回積込 (トラクタ・ショベル)				第 3 回積込 (トラクタ・ショベル)				退 出	
進入開始	後進開始	終 了	すくい込 開 始	すくい込 終 了	荷おろし 開 始	荷おろし 終 了	すくい込 開 始	すくい込 終 了	荷おろし 開 始	荷おろし 終 了	すくい込 開 始	すくい込 終 了	荷おろし 開 始	荷おろし 終 了	開 始 時刻	
1	6	17	33	0	28	30	43	44	72	74	87	88	122	124	-	137
2	25	39	57	0	27	38	54	55	78	80	95	96	122	128	-	146
3	3	23	41	0	28	41	67	68	94	104	120	122	147	148	165	162
4	11	-	32	0	30	34	49	51	75	82	97	99	123	129	148	146
5	0	23	30	0	25	32	48	50	81	85	102	105	131	137	166	164
6	0	-	30	0	23	32	47	48	77	84	98	99	126	131	148	147
7	4	20	35	0	28	35	49	51	79	92	107	108	130	138	155	150
8	-	-	28	0	22	28	44	46	70	79	92	97	123	126	145	143
9	-	25	38	0	30	37	54	56	81	87	101	102	130	133	144	144
10	-	20	32	0	25	32	55	55	80	88	103	104	132	139	153	152
11	-	-	30	0	22	31	48	50	74	82	85	87	121	127	145	142
12	-	-	35	0	25	36	54	56	81	88	104	106	127	135	149	148
13	-	16	36	0	23	28	52	54	78	87	104	106	125	128	144	142
14	-	22	40	0	26	40	55	56	82	88	100	104	127	137	154	153
15	-	-	51	0	28	160	170	173	193	201	213	216	239	247	265	260
16	-	20	76	0	63	74	89	91	112	118	129	132	160	168	186	180
17	-	16	-	0	28	30	48	50	73	84	98	98	128	136	156	154
18	-	18	39	0	29	40	55	57	82	91	106	109	137	144	164	162
19	-	-	37	0	29	37	51	52	80	85	102	103	132	144	163	161
20	-	27	45	0	26	37	54	55	80	89	99	100	128	135	145	147
21	-	14	-	0	27	34	52	54	83	88	104	105	130	137	156	155
22	-	16	42	0	27	40	55	57	82	87	101	103	129	135	151	149
23	-	-	63	0	58	64	81	83	108	112	123	124	147	150	164	160
24	0	15	-	0	23	31	41	43	64	70	78	81	103	111	124	124
25	-	9	31	0	25	29	37	38	60	64	76	77	98	104	114	112

表 3-5 ホイールロードの所要積込時間・調査 №2

単位 秒

データ	1 回目 積込				2 回目 積込				3 回目 積込				全所要 時 間
	すくい込 時 間	荷おろし 待ち時間	荷おろし 時 間	計	すくい込 時 間	荷おろし 待ち時間	荷おろし 時 間	計	すくい込 時 間	荷おろし 待ち時間	荷おろし 時 間	計	
1	28	2	13	43	28	2	13	44	34	2	13	50	137
2	27	11	16	54	23	2	15	41	26	6	18	51	146
3	28	13	26	67	26	10	16	53	25	1	17	45	165
4	30	4	15	49	24	7	15	48	24	6	19	51	148
5	25	7	16	48	31	4	17	54	26	6	29*	64	166
6	23	9	15	47	29	7	14	51	27	5	17	50	148
7	28	7	14	49	28	13	15	58	22	8	17	48	155
8	22	6	16	44	24	9	14	48	26	3	19	53	145
9	30	7	17	54	25	6	14	47	28	3	11	43	144
10	25	7	23	55	25	8	15	48	28	7	14	50	153
11	22	9	17	48	24	8	3*	37	34	6	18	60	145
12	25	11	18	54	25	7	16	50	21	8	14	45	149
13	23	5	24	52	24	9	17	52	19	3	16	40	144
14	26	14	15	55	26	6	12	45	23	10	17	54	154
15	28	132 ^x	10	170*	20	8	12	43	23	8	18	52	265*
16	63 ^x	11	15	89*	21	6	11	40	28	8	18	57	186
17	28	2	18	48	23	11	14	50	30	8	20	58	156
18	29	11	15	55	25	9	15	61	28	7	20	58	162
19	29	8	14	51	28	5	17	51	29	12	19	61	161
20	26	11	17	54	25	9	10	45	28	7	10	46	147
21	27	7	18	52	29	5	16	52	25	7	19	52	155
22	27	13	15	55	25	5	14	46	26	6	16	50	149
23	58 ^x	6	17	81*	25	4	11	42	23	3	14	41	160
24	23	8	10	41	21	6	8	37	22	8	13	46	124
25	25	4	8	37	22	4	12	39	21	6	10	38	114
$\bar{x}$	26.26	8.04	16.08	50.55	25.04	6.80	13.88	47.28	25.84	6.16	16.64	50.52	150.54
σ	2.47	3.36	4.02	6.22	2.70	2.68	2.35	6.16	3.75	2.56	3.95	6.72	14.06
$\bar{x}$	18.8	0	4.0	69.2	16.94	0	6.83	28.80	14.59	0	28.49	30.36	108.37
$\pm 3\sigma$	~33.7	~18.1	~28.1	~31.9	~33.14	~14.84	~20.93	~65.76	~37.09	~13.84	~4.79	~70.68	~192.71

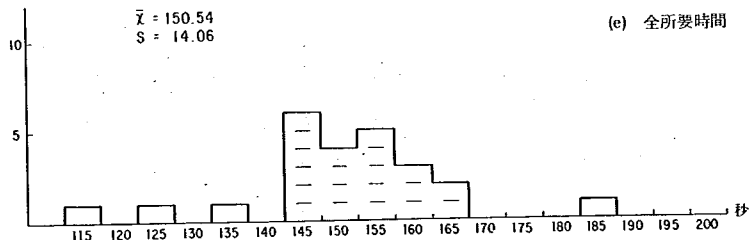
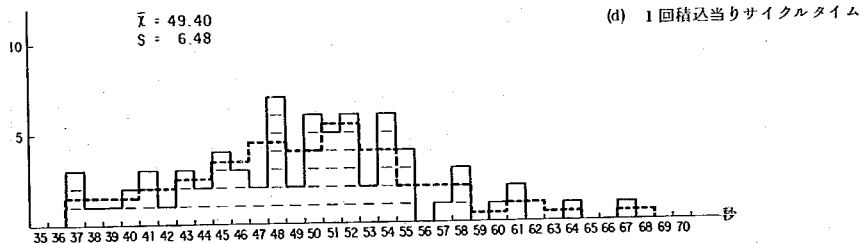
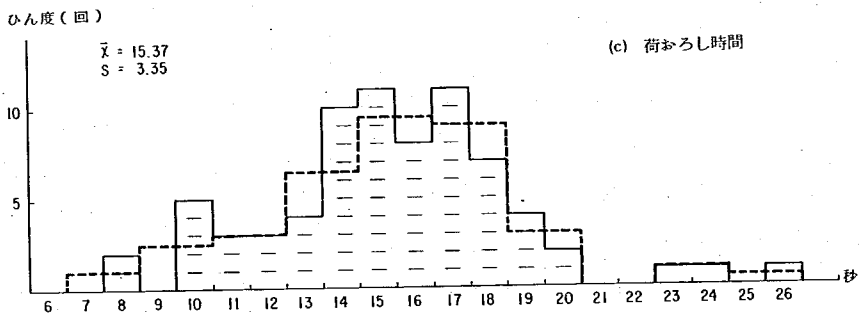
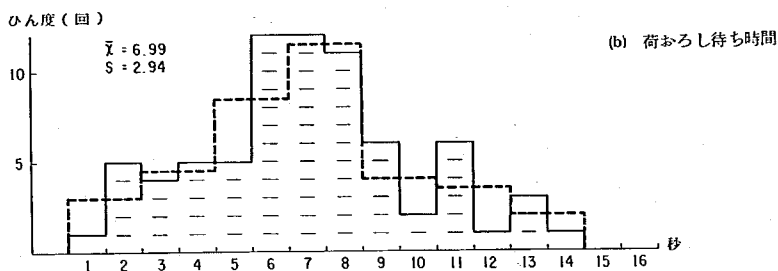
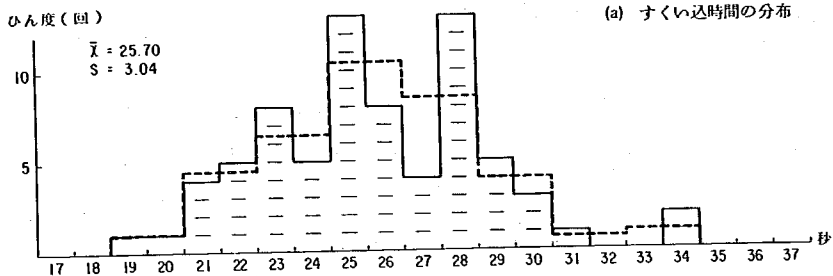


図 3-10 トラクタショベルのサイクルタイム

3-2 運搬路におけるダンプトラックの走行

3-2-1 概 要

採取場と盛立現場とを結ぶ運搬路を走行するダンプトラックの能力を支配するものは、ダンプトラックの積載量と所要走行時間である。積載量は土質材料と積載容量により定まるが、所要走行時間は、運搬材の総重量、機関出力特性、路面状態、道路縦断、巾員、交通量、およびオペレータの個性等による走行速度の変動の影響を受ける。従来この所要走行時間を推定する一般的な方法としては、道路土工指針等に見られるごとく巾員と路面状態とにより道路を何種かの規格にわけ、それぞれについて実車および空車の場合のダンプトラックの平均速度を基準化し、所要時間を推定している。(表3-6参照)

表3-6 道路土工指針によるダンプトラックの走行速度

道 路 の 状 況		標準平均車速 (Km/h)	
		積 荷 トラック	空 荷 トラック
二 車 線 以 上	完 全 舗 装 道 路	25 ~ 35	30 ~ 40
	比 較 的 良 好 な 道 路	20 ~ 30	25 ~ 35
	路 面 状 況 が 悪 い 道 路	20 ~ 25	
二 車 線 未 満 (すれちがい可能)	路面環境などの条件がよい	15 ~ 25	20 ~ 30
	〃 条件が悪い	10 ~ 20	
工 事 現 場 内	幅員が十分で維持修繕の程度もよくしつかりした運搬路	15 ~ 25	20 ~ 30
	比較的よい運搬路であるが、維持修繕が悪い	10 ~ 15	
	幅員が狭く、悪い運搬路で維持修繕も悪い	5 ~ 10	8 ~ 13

一方、更に精度の高い方法として、運搬路の路面および勾配抵抗に応じたダンプトラックの機関の出力より走行速度を推定する方法もしばしば用いられる。

本研究では、更に進んだ推定法として、時々刻々のダンプトラックの走行状態を追跡し、走行速度と所要時間を推定するシミュレーションプログラムを開発中であり、本調査データによりその精度を検討して走行時間に影響する要因の検討を行なう。したがって運搬路の縦断曲線、路面の状態、巾員、その他の走行に影響する要因およびダンプトラックの規格、機関出力等をデータとして集めたうえでダンプトラックの所要走行時間と部分的な走行速度を計測した。すなわち調査の目的は、運搬路におけるダンプトラックの所要走行時間および走行速度を計測し、所要走行時間推定方法の

精度向上のためのデータとすることであり①運搬路の各地点通過時刻、および②急カーブでの走行速度を計測した。各地点の通過時刻の計測は運搬路上に4個所の計測地を設定し、各地に1人づつ人員を配置して、おのおの2点の計測地を受け持って行なった。その計測方法は連続法（継続法）によった。すなわち4人が同一時刻に時計を合わせ時間観測中は時計を止めずに作業と時計を同一視野に入れ積算時刻を記録する方法である。

走行速度の計測は曲率の異なったカーブの点を数箇所選定し、あらかじめ定められた間隔でポールを2本立ててその間の所要通過時間を計測して通過速度を求めた。

3-2-2 ロック材運搬

調査区1のロック材運搬路における調査結果である。

(1) 作業概要

採取場で材料を積込んだダンプトラックは、走行途中の落石を防ぐためにビニールシートをかぶせる。また、盛立場内入口にてビニールシートをはずして盛立現場に進む。なお、当日稼働していた運搬機械については以下に示す。

ダンプトラック 11 t 5 台

〃 8 t 7 台

(2) 運搬路諸元

運搬路概略図を図3-11に示す。調査したロック材運搬路の特長を以下に示す。

- 1) 延 長 約 4.5 Km
- 2) 最大勾配 9.5 %
- 3) 幅 員 7 m (調査時に路肩工事中)
- 4) 道路わきに人家・学校あり

路面未舗装、しかし良好

また、図3-12に運搬路の縦断勾配および平面線形を示す。

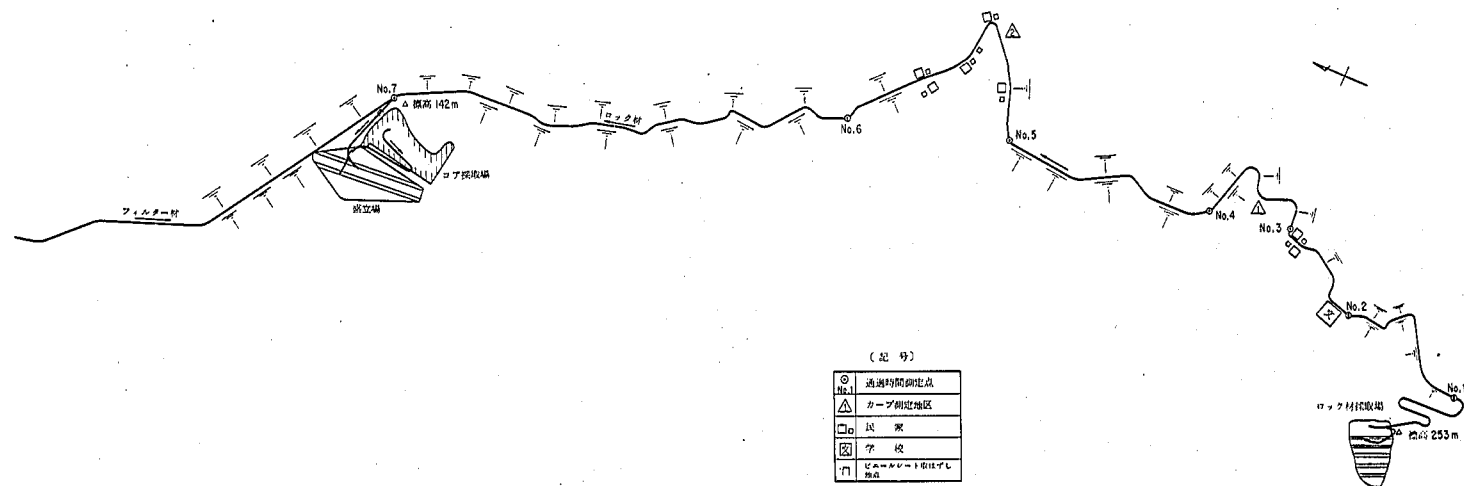
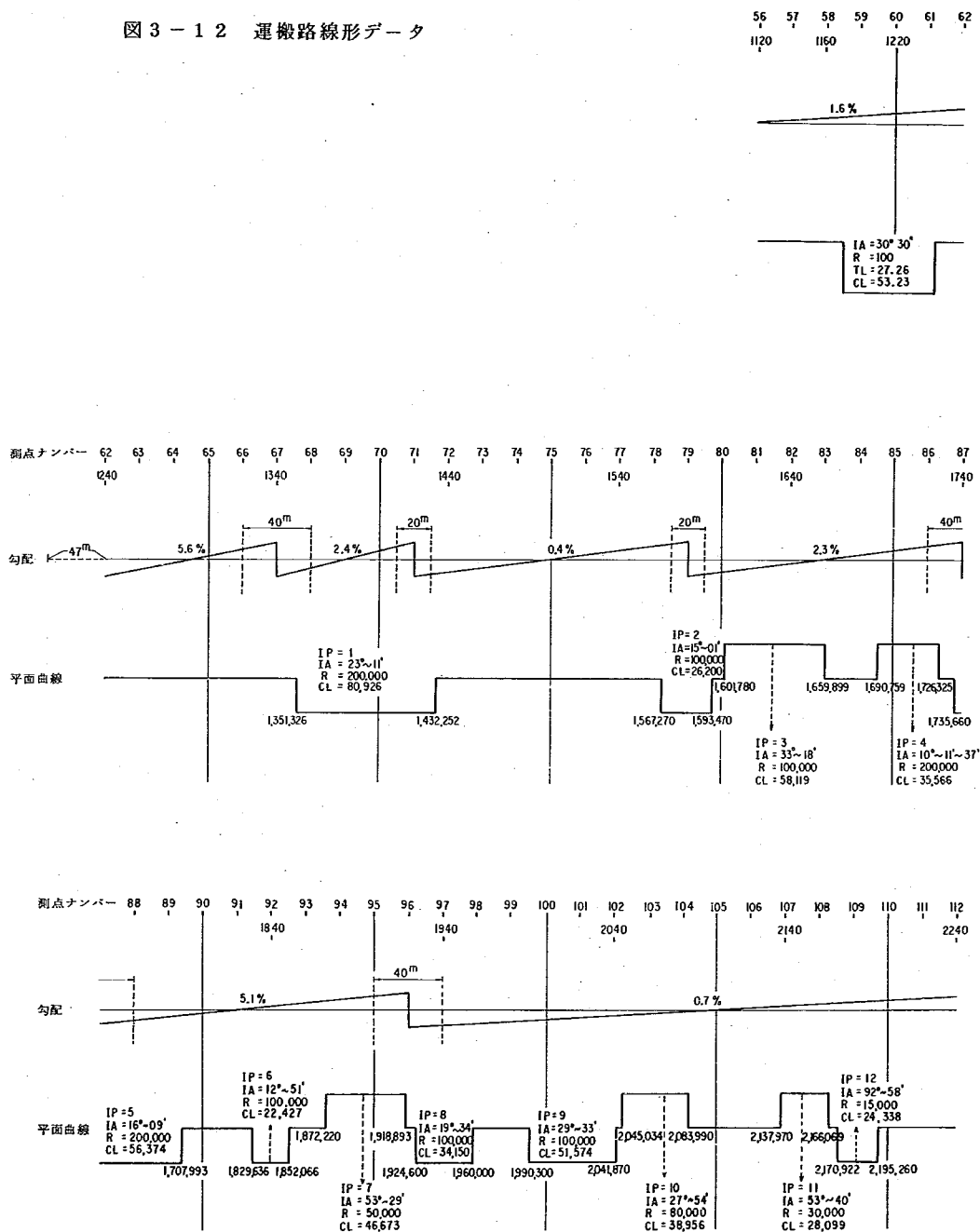
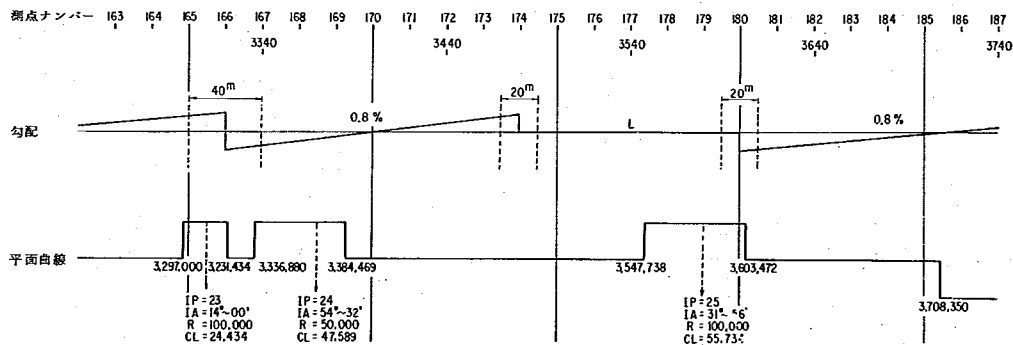
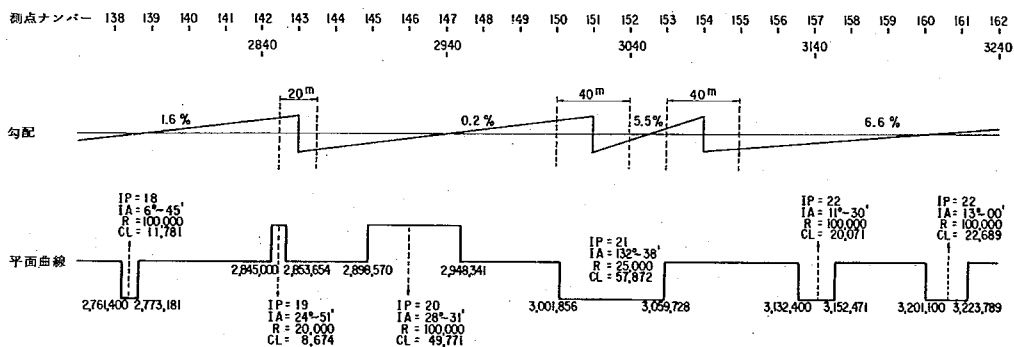
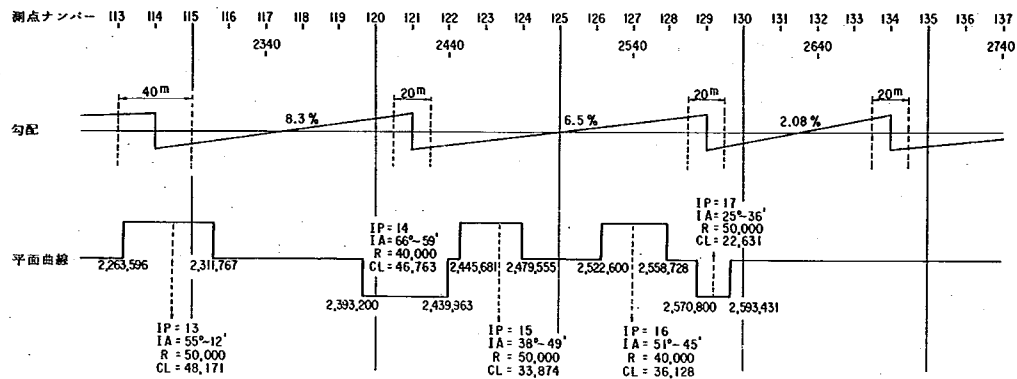
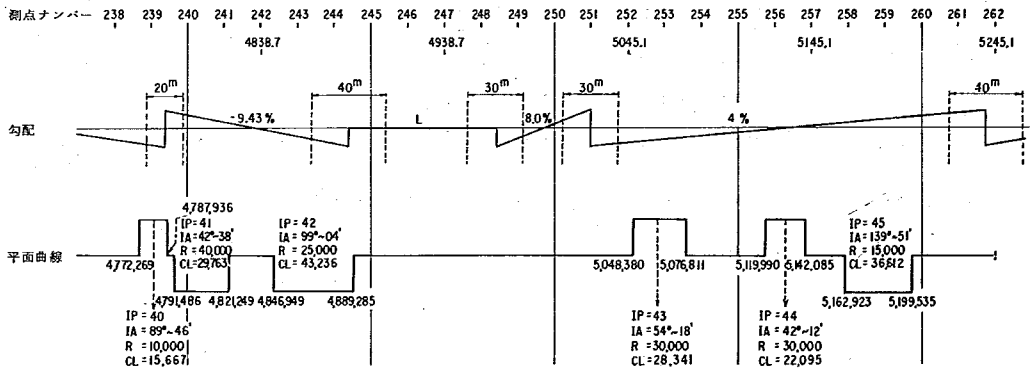
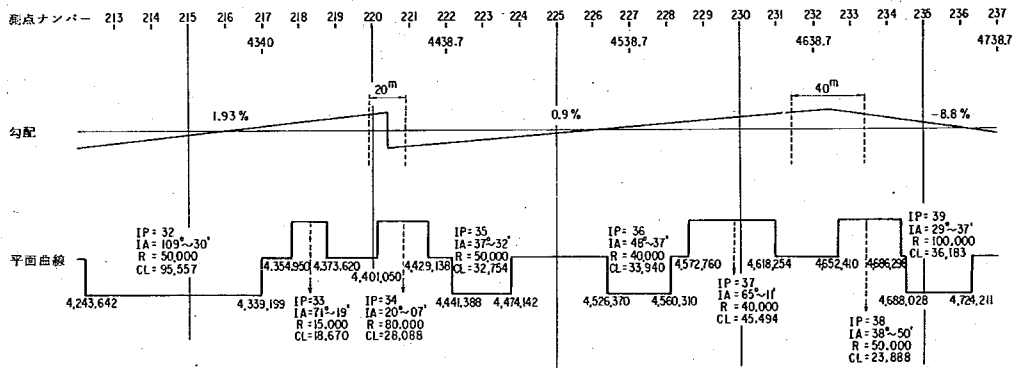
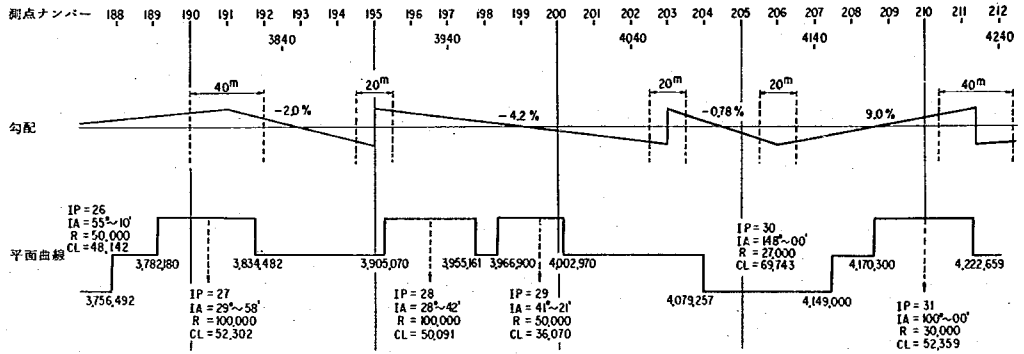


図 3 - 1 1 運搬路概略図

図 3 - 1 2 運搬路線形データ







(3)所要走行時間の測定

採取場入口から盛立現場までの運搬路に㌞1～㌞7の7箇所の計測地点を選定してダンプトラックの通過時刻を測定した。各計測地点の概要を表3-7に示す。これら各計測地点におけるダンプトラックの通過時刻を表3-8に、区間所要時間と平均速度および全走行時間と走行速度を表3-9にそれぞれ示す。

表3-7 計測地点 (単位 m)

計測地点	採取場	㌞1	㌞2	㌞3	㌞4	㌞5	㌞6	㌞7	盛立現場
道路測点による表示	—	㌞255 + 10m	㌞233	㌞217	㌞199 + 5 m	㌞167 + 15m	㌞126 + 5 m	㌞58 + 10m	—
延距離	—	5110	4660	4340	3985	3355	2525	1170	—
区間距離	—	450	320	360	630	830	1360	—	—
実走路距離	—	0	450	770	1130	1760	2590	3950	—
空走路距離	3950	3500	3180	2820	2190	1360	0	—	—

(4)曲線部における走行速度の測定

i)カーブ測点㌞1

測点㌞1 通過時刻読取地点を4ヶ所設置し、その間の3つの区間で走行速度を求めた。区間の概要と位置を以下に示す。

区間概要 { 計測地点4 → 3 曲線長 約45 m 直線長 21 m
計測地点3 → 2 曲線長 約28 m
計測地点2 → 1 曲線長 約24 m

位置 { 計測地点4 ㌞205 + 2 m 4102 m
計測地点3 ㌞208 + 10 m 4170 m
計測地点2 ㌞209 + 18 m 4198 m
計測地点1 ㌞211 + 4 m 4224 m

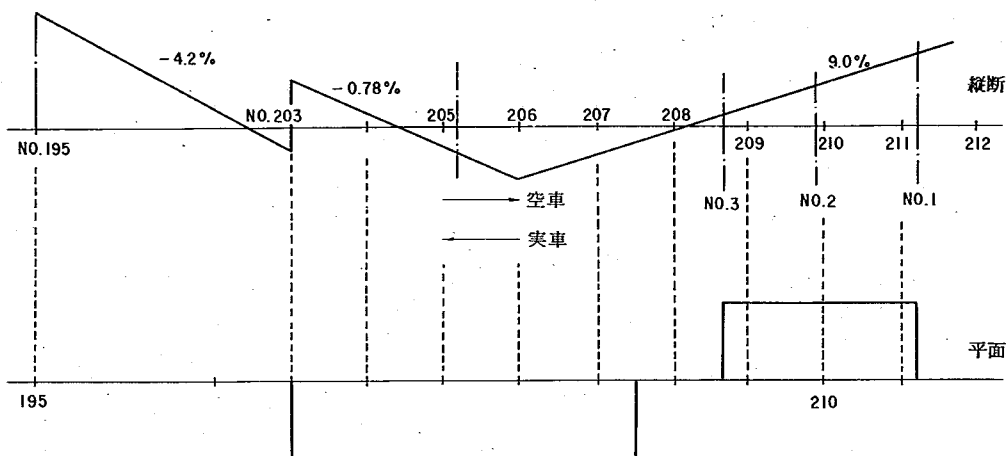
路面状態は片勾配に乱れが生じている。でこぼこの片勾配である。

表 3-8 計測地点通過時刻

	車両番号	容量 タイプ	計測地点番号						
			№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
実装路	11	8t	0	1'00"	1'45"	2'35"	3'43"	5'31"	8'25"
	8	8t	0	0 55	1 40	2 20	3 16	4 23	6 20
	6	8t	0	1 15	2 05	2 55	4 13	6 03	8 35
	5	8t	0	1 25	2 10	3 10	4 33	6 13	8 35
空走路	7	11t	—	11'20"	10'35"	9'45"	8'48"	7'18"	0
	4	11t	6'15"	5 25	4 35	3 50	3 08	1 53	0
	5	8t	6 48	6 05	5 25	4 30	3 33	1 56	0
	11	8t	7 15	6 33	6 05	4 45	3 58	2 13	0
	8	8t	6 20	4 23	3 16	2 20	1 40	0 58	0
	15	8t	6 55	6 20	4 50	4 00	2 58	1 33	0
	6	8t	8 30	7 40	7 00	5 55	4 53	3 08	0

表 3-9 区 間 所 要 時 間 と 走 行 速 度

	DT ナ ン バ	積 載 重 量	区 間 所 要 走 行 時 間 (分・秒)						区 間 走 行 速 度 (m/sec)						全 区 間	
			1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	所 要 時 間 (秒)	走 行 速 度 m/s
夾 走 路	11	8t	1'00"	0'45"	0'50"	1'08"	1'48"	2'54"	7.50	7.11	7.20	9.26	7.69	7.82	505	7.80
	8	8	0 55	0 45	0 40	0 56	1 07	1 57	8.18	7.11	9.00	11.25	12.39	11.62	380	10.37
	6	8	1 15	0 50	0 50	1 18	1 50	2 32	6.00	6.40	7.20	8.08	7.55	8.95	515	7.65
	5	8	1 25	0 45	1 00	1 13	1 40	2 22	5.29	7.11	6.00	9.32	8.30	9.58	515	7.65
空 走 路	7	11t	—	0'45"	0'50"	0'57"	1'30"	7'18"	—	7.11	7.20	11.05	9.22	—	—	—
	4	11	0'50"	0 50	0 45	0 42	1 15	1 53	9.00	6.40	8.00	15.00	11.07	12.04	375	10.51
	5	8	0 43	0 40	0 55	0 53	1 37	1 56	10.47	8.00	6.55	11.89	8.56	11.72	408	9.66
	11	8	0 42	0 28	1 20	0 47	1 45	2 13	10.71	11.43	4.50	13.40	7.90	10.23	435	9.06
	8	8	0 55	1 50	0 50	0 49	1 23	0 58	8.18	2.91	7.20	12.86	10.00	23.45	380	10.37
	15	8	0 35	1 30	0 50	1 02	1 25	1 33	12.86	3.56	7.20	10.16	9.76	14.62	415	9.49
	6	8	0 50	0 40	1 05	1 02	1 45	3 08	9.00	8.00	5.54	10.16	7.90	7.23	510	7.73



$$IA = 148^\circ$$

$$R = 27 \text{ m}$$

$$TL = 94.159 \text{ m}$$

$$CL = 69.743 \text{ m}$$

片勾配 6 ~ 15 %

$$IA = 100^\circ$$

$$R = 30 \text{ m}$$

$$TL = 35.752 \text{ m}$$

$$CL = 52.359 \text{ m}$$

片勾配 = 7 ~ 12 %

図 3 - 13 縦断勾配，平面曲線

表 3 - 10 走行速度測定結果 (No. 1)

車 両 番 号	容 量 タイプ	積 荷	地 点 通 過 時 間				区 間 所 要 時 間 (秒)			区 間 走 行 速 度 m/s		
			1	2	3	4	1-2	2-3	3-4	1-2	2-3	3-4
②	8 t	満 車	0	3.5	7	17.3	3.5	3.5	10.3	8.57	8.57	5.8
⑥	8 t	満 車	0	4	7	17	4	3	10	7.50	10.00	6.0
⑧	8 t	満 車	0	4	7	16	4	3	9	7.50	10.00	6.6
⑬	11 t	満 車	0	5	8	18.7	5	3	10.7	6.00	10.00	5.6
⑤	8 t	空 車	—	12	8	0	—	4	8	—	7.50	7.5
⑥	8 t	空 車	19	12	8	0	7	4	8	4.29	7.50	7.5
⑮	8 t	空 車	15.5	11.5	8	0	4	3.5	8	7.50	8.57	7.5

ii) カーブ測定 Ⅱ

測点 Ⅱ
 { 計測地点 1 Ⅱ 150 + 1 m
 計測地点 2 Ⅱ 153 + 10 m

計測地点 1 → 2 曲線長 60 m, 直線長 10 m

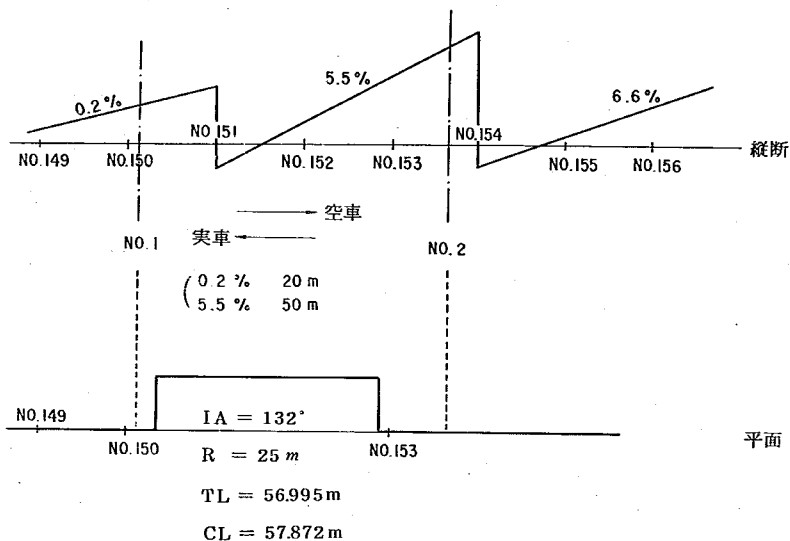


図 3-14 平面曲線と勾配

※路面状態

- ・片勾配がどこどこ (8 ~ 12 %)
- ・待機所的な路肩のある反面, 内側路肩工事のため注意を要す。

表 3-11 走行速度測定結果 (Ⅱ)

車両番号	容量 タイプ	積荷	区間所要 時間(秒)	区間走行 速度(m/秒)
5	8 t	実車	12.2	4.92
6	8 t	実車	10.2	5.88
7	11 t	実車	10.9	5.50
8	8 t	実車	8.2	7.32
13	8 t	実車	10.6	5.66
5	8 t	空車	9	6.67
11	8 t	空車	10.3	5.83
15	8 t	空車	7.9	7.59
不明	11 t	空車	15	4.00*

5.86 } 21.1 Km/h
0.89 } 3.2 Km/h

or 6.70 } 24.1 Km/h
0.88 } 3.2 Km/h

以上、ロック運搬路における運搬車両の所要走行時間、走行速度について記したが、計測データ数の不足により統計的解析などはできなかった。さらにデータの収集及び検討が必要である。

3-2-3 ランダム材運搬

本節のデータは、調査区2のアースダムのランダム材運搬作業に関する調査結果である。

(1) 概 要

下流側ランダムゾーンの盛立のための材料運搬は、図3-15に示す様な運搬経路で、15t ダンプトラック（日野）7台により山上の2つの採取場から上流側ランダムゾーン、コアゾーン上を通過して行なわれた。調査項目として道路の状況、幅員、勾配、平面曲線、およびダンプトラックの所要走行時間の測定を行なった。

走行時間の測定は盛立場、第1採取場、第2採取場に各々1人の計測員を置き3時間にわたってダンプトラックの到着時間、出発時間、およびその他の所要時間に関する事項をトラックのナンバーとともに記録した。

測定データは実車（第1採取場および第2採取場から盛立場現場）と空車（盛立場現場から第1採取場および第2採取場）の4種類に分類してその所要時間を算定し、3σ法による棄却検定を行なったのち平均と分布を求めた。

(2) 運搬路諸元

運搬路の概要を図3-15に示す。路面は未舗装で多少の凸凹と浮石が見られた。また図3-16に4種の運搬経路の道路幅員、縦断曲線、平面曲線のデータを示す。

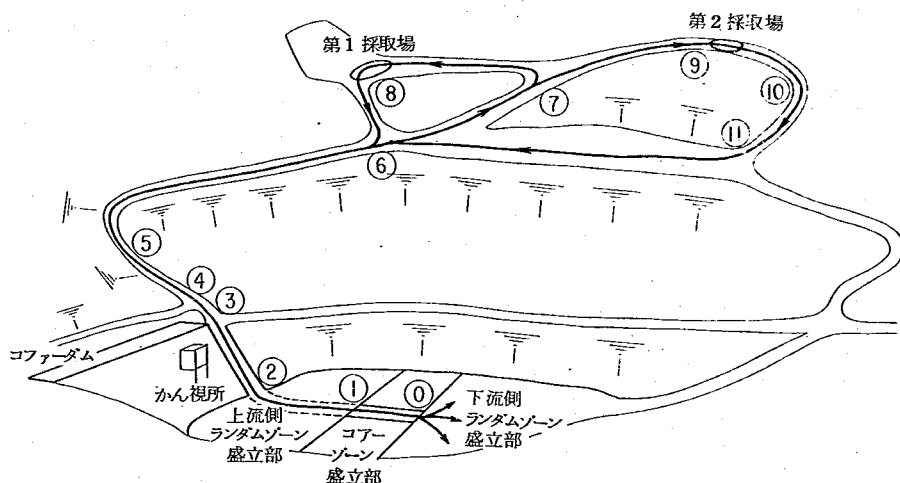


図3-15 ランダム材運搬概略図

平面曲線（走行性に影響しない程度のカーブは無視）

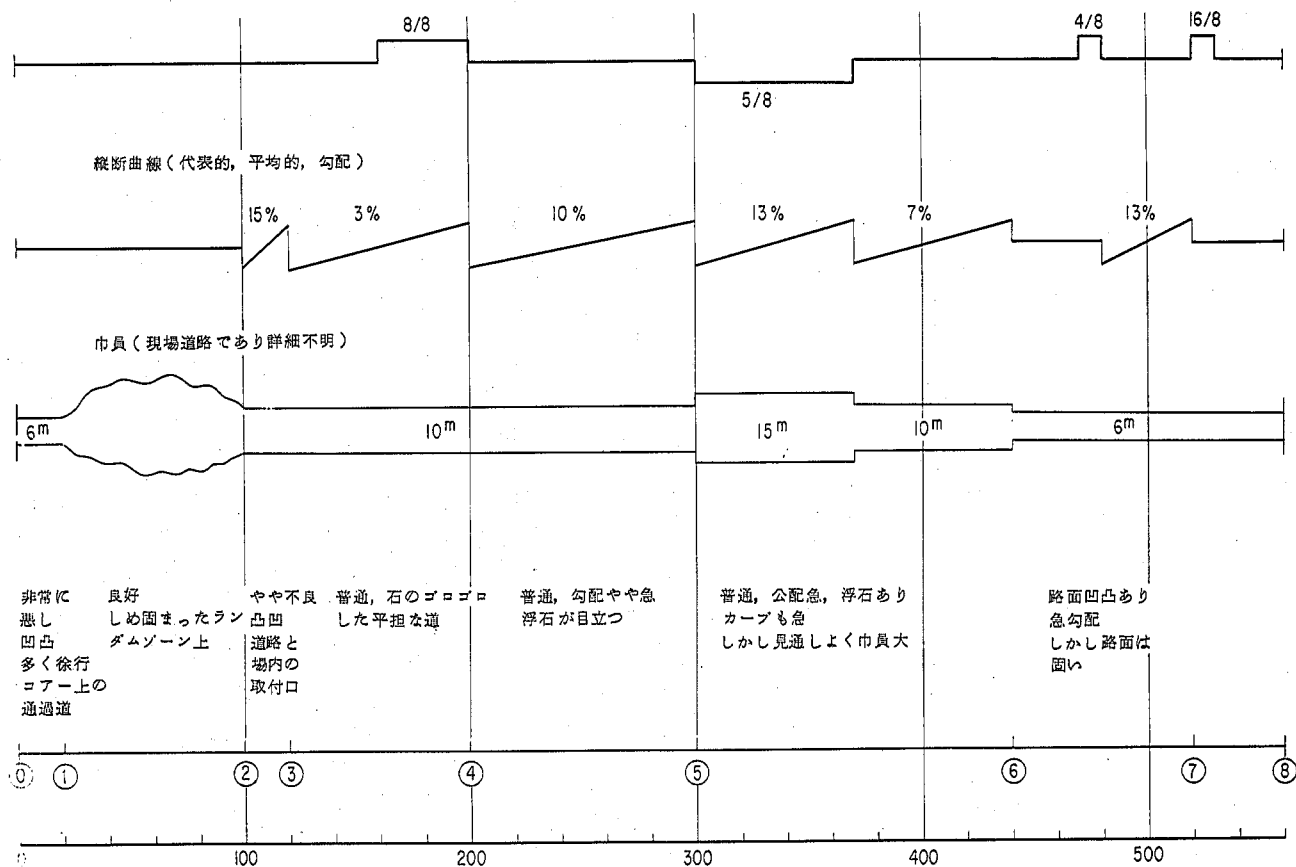


図 3 - 1 6 (a) 運搬路諸元（盛立現場→第1採取場）

平面曲線（走行性に影響しない程度のカーブは無視）

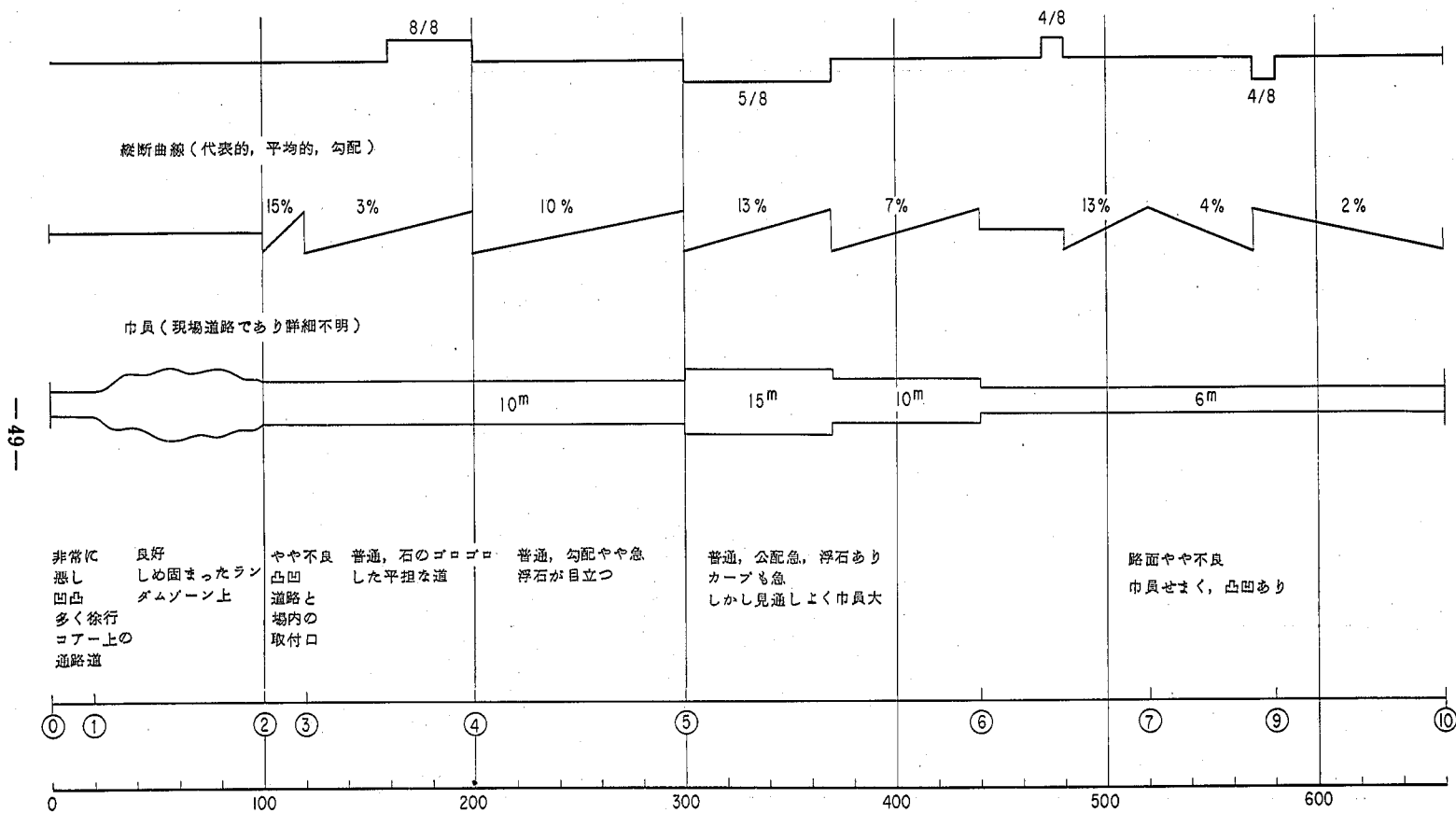


図 3 - 1 6 (b) 運搬路諸元（盛立現場→第 2 採取場）

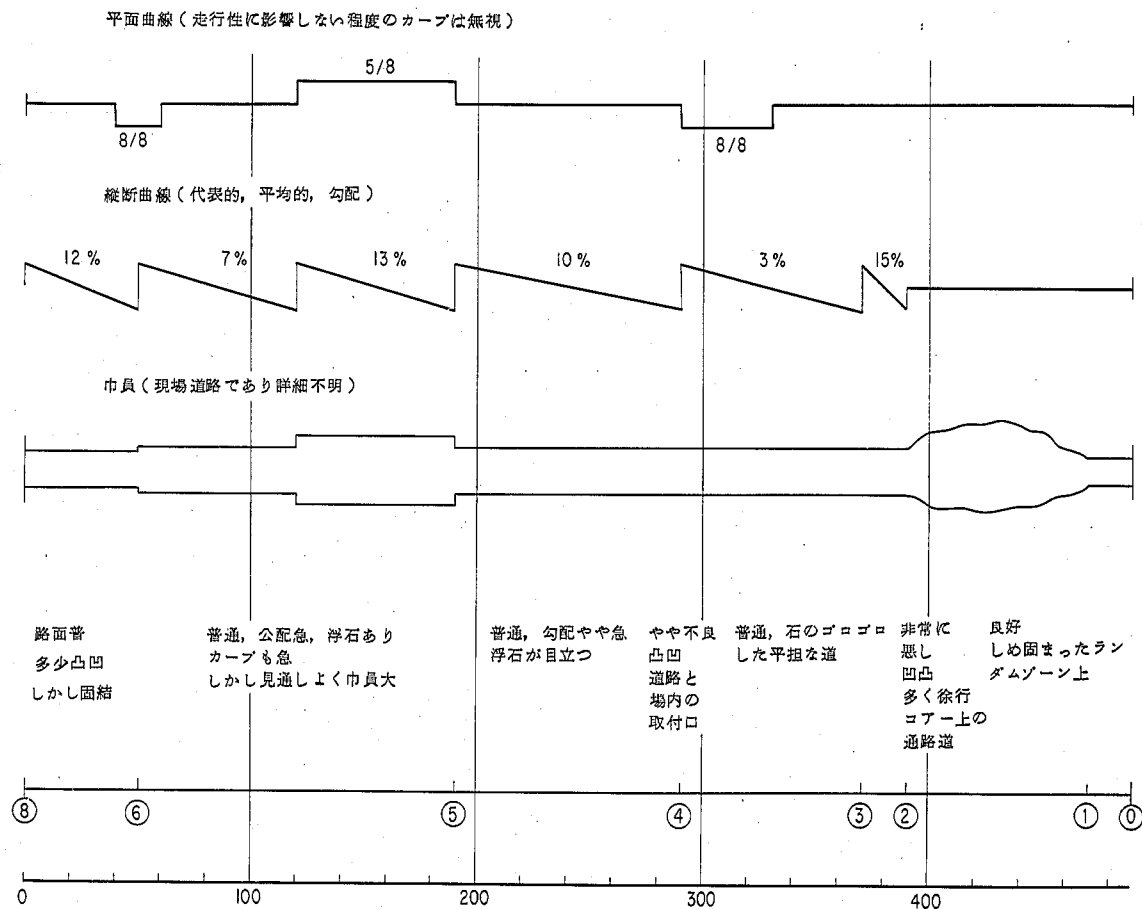


図 3-16(c) 運搬路諸元（第 1 採取場→盛立現場）

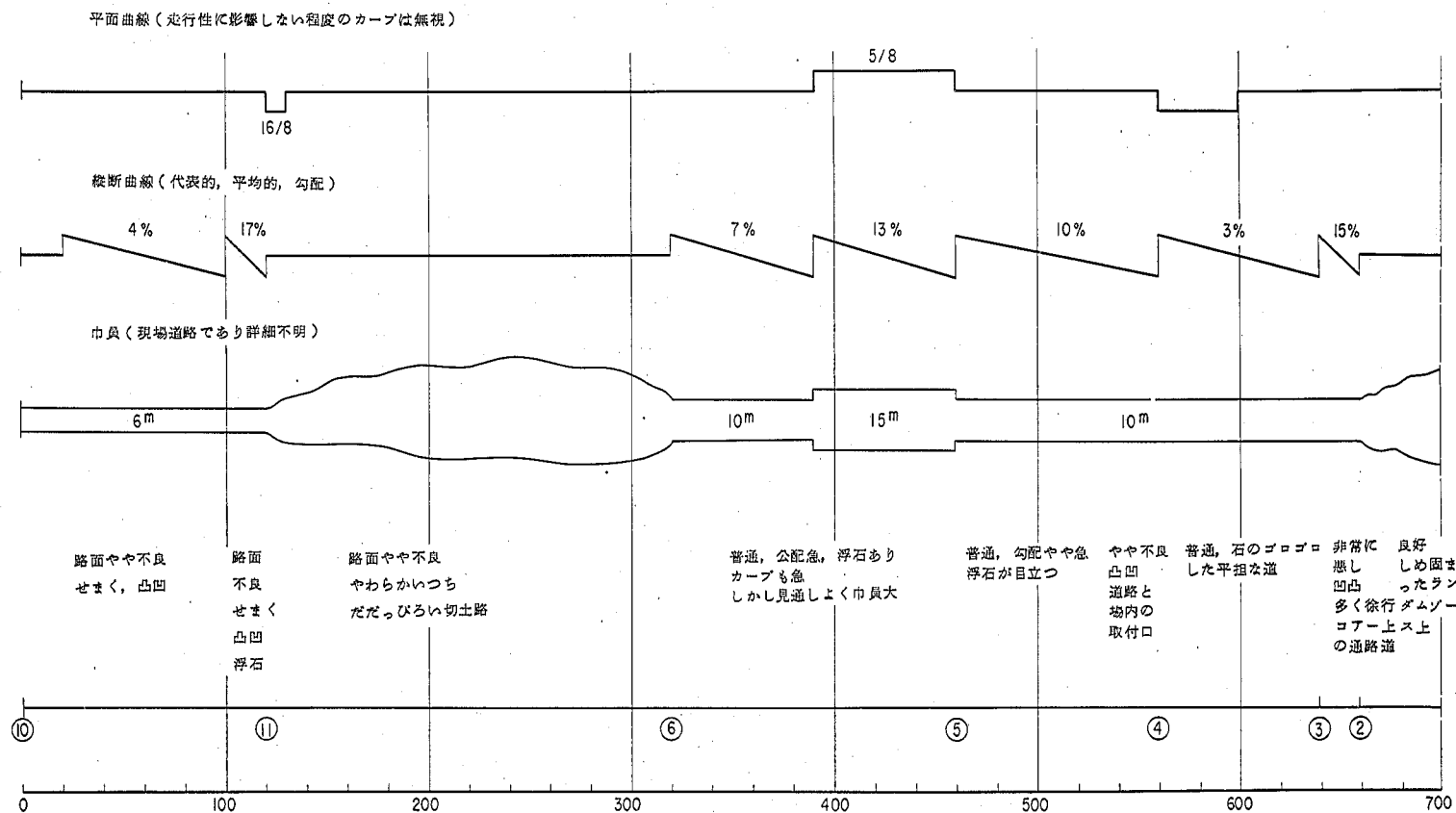


図 3 - 1 6 (d) 運搬路諸元（第 2 採取場→盛立現場）

表3-12(a) 盛立現場のダンプトラック到着・出発時刻

盛立現場(熊谷)

ダンプトラック ナンバー	到着時刻	出発時刻	備 考	ダンプトラック ナンバー	到着時刻	出発時刻	備 考
61	—	14°07'25"	コアー上横断中に もたつきあり	61	15°04'55"	15°06'05"	
62	—	14 08 00		66	15 06 40	15 20 05	
67	—	14 08 10		62	15 08 35	15 14 40	
65	14°09'00"	14 12 25		68	15 12 40	15 14 55	(時計修正)
66	14 09 15	14 11 10		65	15 14 00	15 15 40	} 競 争
68	14 11 30	14 12 55		61	15 14 05	15 15 45	
63	14 11 45	14 16 00		67	15 18 25	15 20 00	
61	14 14 45	14 16 05		62	15 20 40	15 23 05	
67	14 14 55	14 16 30		68	15 22 40	15 24 40	
62	14 17 10	14 18 50		65	15 23 35	15 25 10	
65	14 20 00	14 21 40		61	15 23 55	15 25 20	
66	14 20 00	14 21 45	おいつきおいこせ	67	15 26 40	15 28 10	
68	14 21 35	14 27 50		66	15 27 55	15 31 25	出発後停車
63	14 23 10	14 24 20		62	15 29 55	15 32 00	
61	14 23 30	14 24 25		63	—	15 28 50	
67	14 25 45	14 27 05	出発後監視所前で ウロウロ	65	15 31 35	15 33 30	
62	14 27 40	14 30 00		68	15 32 40	15 34 45	
66	14 29 30	14 30 45	監視所前で待つ	61	15 34 20	15 43 20	
65	14 30 30	14 32 30	入場待ち	67	15 36 10	15 38 10	
68	14 32 00	14 33 45		63	15 36 35	15 39 10	
63	14 33 10	14 34 45		62	15 39 00	15 41 05	
61	14 34 05	14 35 10		66	15 39 45	15 41 35	
67	14 36 50	14 38 05	到着時コアー上をえ らくゆっくり走行	65	15 40 40	15 43 05	
66	14 39 05	14 40 25	到着時コアー上 エンスト	68	15 43 55	15 45 55	入場時待 30"
62	14 39 45	14 41 30		67	15 44 50	15 47 15	
68	14 42 20	14 44 00		63	15 47 10	15 49 35	
65	14 42 30	14 51 50		62	15 47 40	15 50 35	
67	14 45 30	15 11 40		66	15 49 20	15 52 05	
62	14 47 30	14 49 10		65	15 50 05	15 53 25	
61	14 47 40	14 49 05		61	15 51 55	15 53 45	
63	14 49 00	14 52 30		68	15 51 45	15 54 00	
68	14 51 00	14 52 50	出発後待ち(監視所)	67	15 54 55	15 57 00	
66	14 56 10	14 57 40		62	15 56 25	15 58 15	(時計修正)
62	14 56 15	14 57 45		63	15 56 55	15 59 30	
61	14 56 35	14 57 50		65	16 00 00	—	
63	14 59 40	—	(時計修正)	66	16 00 15	—	
68	15 02 05	15°03'55"					

表 3-12 (b) 採取場のダンプトラック到着出発時刻

時間合わせ

中垣 13°56'00" → 16°04'00"

武田 13°56'00" → 16°04'41"

熊谷 13°56'00" → 16°03'45"

第 1 採取場(中垣)

第 2 採取場(武田)

ダンプトラック ナンバー	到着時刻	出発時刻	備 考	ダンプトラック ナンバー	到着時刻	出発時刻	備 考
67	14°01'40"	14°04'15"	5 回積込み	66	14°03'40"	14°06'05"	
65	14 04 40	14 06 45	4 回積込み	68	14 04 30	14 08 10	66 待ち
63	14 06 15	14 09 25	待ち 7'10"まで 4 回	61	14 10 25	14 11 52	
67	14 10 20	14 12 50	逆進入 4 回	62	14 10 55	14 13 53	61 待ち
65	14 15 25	14 17 25	出発待機 20'位 3 回	66	14 14 04	14 16 18	
63	14 18 20	14 20 55	4 回	68	14 15 45	14 18 13	66 待ち
67	14 18 45	14 23 45	待ち 21'25"まで 4 回	61	14 18 50	14 20 25	
62	-	-	スリップであがれず	66	14 24 43	14 27 28	61 待ち
62	14°23'10"	14°25'45"	待ち 24'00" まで	68	14 25 43	14 28 43	66 待ち
65	14 24 00	14 28 15	待ち 26'05" まで	61	14 28 10	14 30 55	68 待ち
63	14 26 35	14 31 00	待ち 28'35" まで	66	14 34 33	14 46 15	
67	14 29 40	14 34 25	待ち 31'30" まで フル移動積込 1 時中止	68	14 37 26	14 39 35	
62	14 32 00	14 37 50	待ち 34'40"				積 載
65	14 34 45	14 40 15	待ち 38'15"	63	14°38'10"	14°46'40"	68 待ち
67	14 40 55	14 43 15		61	14 38 45	14 45 30	68,63 待ち
62	14 43 45	14 45 40					積 載
68	14 46 30	14 48 30	D.T こそす T.S 土取場整理	66	14°44'15"	14°52'00"	61 待ち
62	14 51 20	14 53 35	3 回	61	14 52 23	14 54 15	
63	14 55 00	14 57 25		68	14 57 37	14 59 00	
65	14 55 30	15 11 55	待ち 15°09'45" 30m 移動 BD 土取場整理	61	15 00 40	15 02 07	
-	-	-	T.S 休けい 3 回	66	15 00 55	15 03 59	61 待ち
62	-	-	第 2 現場に移動	62	15 01 28	15 05 42	61.66 待ち
67	15°14'00"	15°16'25"	3 回	68	15 07 23	15 09 43	
62	15 16 55	15 18 40		61	15 08 57	15 11 30	68 待ち
65	15 18 10	15 21 25	待ち 19'00" 3 回	68	15 18 18	15 19 55	
67	15 22 10	15 24 25	4 回	61	15 18 36	15 21 25	68 待ち
62	15 25 20	15 27 05		66	15 23 25	15 25 02	
65	15 27 45	15 29 30	3 回	68	15 28 00	15 29 45	
67	15 30 15	15 32 45	4 回	61	15 28 08	15 31 31	68 待ち
62	15 34 55	15 36 30		63	15 31 42	15 33 42	
65	15 36 50	15 38 40	3 回	66	15 35 00	15 37 20	
67	15 40 25	15 42 50	4 回	68	15 38 30	15 40 33	
62	15 43 15	-	待ち 43'55"	63	15 42 22	15 44 10	
65	15 45 20	15 47 40	待ち 46'10" 3 回	66	15 44 39	15 46 50	
68	15 48 10	15 49 55	3 回	61	15 46 35	15 48 50	
67	15 49 40	15 52 40	待ち 50'10" 4 回	63	15 52 35	15 54 15	
62	15 52 50	15 54 35	3 回	66	15 55 25	15 57 31	

表 3-13 所要走行時間算定値

*は3σによる棄却データ

実		車		空		車	
第1採取場→盛立現場		第2採取場→盛立現場		盛立現場→第1採取場		盛立現場→第2採取場	
中垣→熊谷		武田→熊谷		熊谷→中垣		熊谷→武田	
65	2' 25" 145"	66	3' 10" 190"	67	2' 10" 130"	61	3' 00" 180"
63	2' 20" 140	68	3' 20" 200	65	3' 00" 180	62	2' 55" 175
67	2' 05" 125	61	2' 53" 173	63	2' 20" 140	66	2' 54" 174
65	2' 35" 155	62	3' 17" 197	67	2' 15" 135	68	2' 50" 170
63	2' 15" 135	66	3' 42" 222	62	4' 20" 260 *	61	2' 45" 165
67	2' 00" 120	68	3' 22" 202	65	2' 20" 140	66	2' 58" 178
62	1' 55" 115	61	3' 05" 185	63	2' 15" 135	68	
65	2' 15" 135	66	2' 02" 122	67	2' 35" 155	61	3' 45" 225
63	2' 10" 130	68	3' 17" 197	62	2' 00" 120	66	3' 48" 228
67	2' 25" 145	61	3' 10" 190	65	2' 15" 135	68	3' 41" 221
62	1' 55" 115	68	2' 45" 165	67	2' 50" 170	63	3' 25" 205
65	2' 15" 135	61	2' 10" 130	62	2' 15" 135	61	3' 35" 215
67	2' 15" 135	63	2' 20" 140	68	2' 30" 150	66	3' 50" 230
62	1' 50" 110	66	4' 10" 250 *	62	2' 10" 130	61	3' 18" 198
68	2' 30" 150	61	2' 20" 140	63	2' 30" 150	68	4' 47" 287 *
62	2' 40" 160	68	3' 05" 185	65	3' 40" 220 *	61	2' 50" 170
63	2' 15" 135	61	2' 48" 168	67	2' 20" 140	66	3' 15" 195
65	2' 05" 125	66	2' 41" 161	62	2' 15" 135	62	3' 43" 223
67	2' 00" 120	62	2' 53" 173	65	2' 30" 150	68	3' 28" 208
62	2' 00" 120	68	2' 57" 177	67	2' 10" 130	61	2' 52" 172
65	2' 10" 130	61	2' 35" 155	62	2' 15" 135	68	3' 23" 203
67	2' 15" 135	68	2' 45" 165	65	2' 35" 155	61	2' 51" 171
62	2' 50" 170	61	2' 30" 150	67	2' 05" 125	66	3' 20" 200
65	2' 05" 125	66	2' 53" 173	62	2' 55" 175	68	3' 20" 200
67	3' 25" 205 *	68	2' 55" 175	65	3' 20" 200	61	2' 48" 168
62	2' 30" 150	61	2' 49" 169	67	2' 15" 135	63	2' 52" 172
65	2' 00" 120	63	2' 53" 173	62	2' 10" 130	66	3' 35" 215
67	2' 00" 120	66	2' 25" 145	65	3' 20" 200	68	3' 45" 225
65	2' 25" 145	68	3' 22" 202	67	2' 15" 135	63	3' 12" 192
68	1' 50" 110	63	3' 00" 180	62	2' 10" 130	66	3' 04" 184
67	2' 15" 135	66	2' 30" 150	65	2' 15" 135	61	3' 15" 195
62	1' 50" 110	61	3' 05" 185	68	2' 15" 135	63	3' 00" 180
		63	2' 40" 160	67	2' 25" 145	66	3' 15" 195
		66	2' 44" 164	62	2' 15" 135		
平 均	132.3		171.6		144.7		194.6
標準偏差	15.2		22.6		20.0		20.8
3σ 巾	86.7 ~ 177.9		103.8 ~ 239.4		84.7 ~ 204.7		132.2 ~ 257.0

(3) 所要走行時間の測定

盛立現場、第1採取場、第2採取場におけるダンプトラックの到着、出発時刻の測定データとダンプトラックのナンバーを表3-12(a)および表3-12(b)に示す。また、第1採取場と盛立現場、第2採取場と盛立現場の間の所要走行時間の算定値を表3-13にヒストグラムを図3-17にそれぞれ示す。

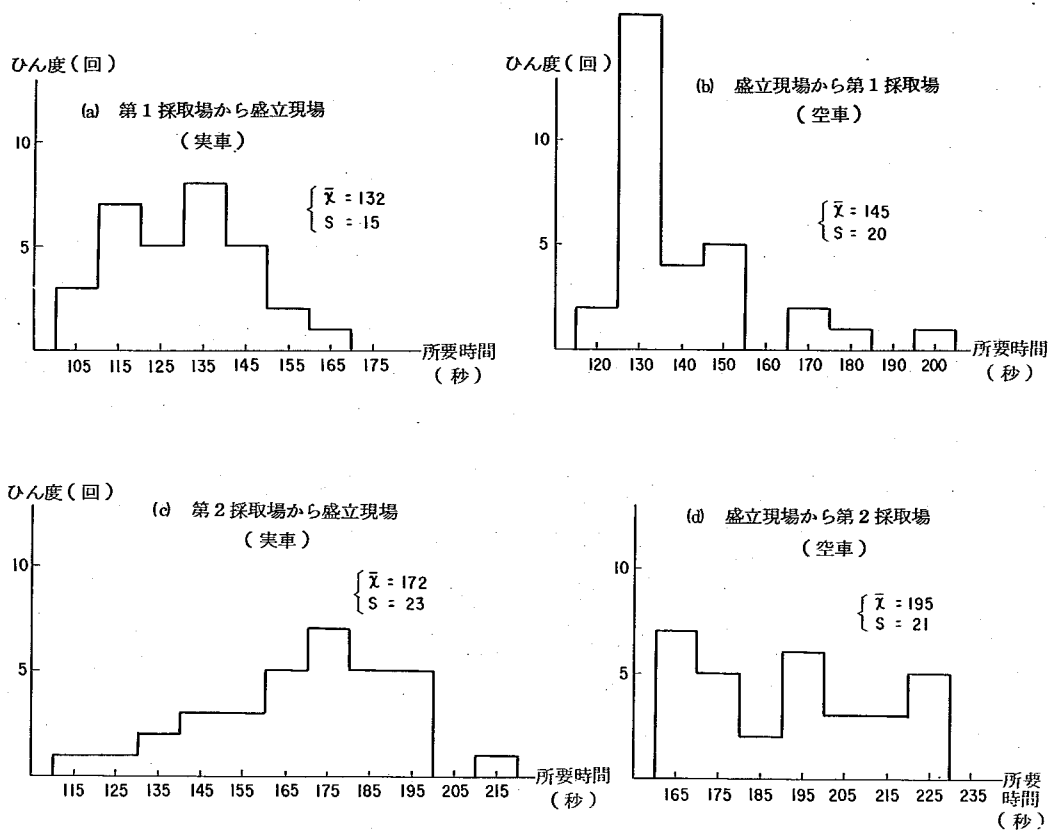


図3-17 所要走行時間の分布

3-3 堤体盛立作業

3-3-1 概 要

本体工事現場において行なわれる作業は、ダンプトラックによる捨土、ブルドーザによるしきならし、ローラによる転圧、その他に、クラムシェルもしくはバックボウ等によるリップラップ（盛立法面整形）タンパーその他による岩着部の処理等からなる。さらにブルドーザは転圧各層のなじみをよくするためのかきおこし作業を行なう。

本調査ではダンプトラックによる捨土、ブルドーザによるかきおこし、しきならし、ローラによる転圧の各作業に対象をしきり、重点的に分析を行なったが、一部スクレーパによる盛立作業データの収集も行なった。特にブルドーザのしきならし、かきおこしの作業は運土作業としてははなはだ特殊であり、排土板に十分に土を押している状態を施工効率1とする従来の施工能率算定法がこの一定厚さのまき出しと転圧を繰返すフィルタイプダムの盛立作業には適当でないと考えに至った。そのためここではしきならし所要回数や押土速度およびギャチェンシタイム等を検討して盛立面に一定の大きさの施工ユニットを仮定することによる能力算定法を採用することにした。この施工ユニットの存在は、実際の解析結果から十分確かめられたがその大きさ形状は各工事、各ゾーン（コアー、ロック、ランダム）でまちまちでありその妥当な形状寸法の設定を考慮する問題が残されている。

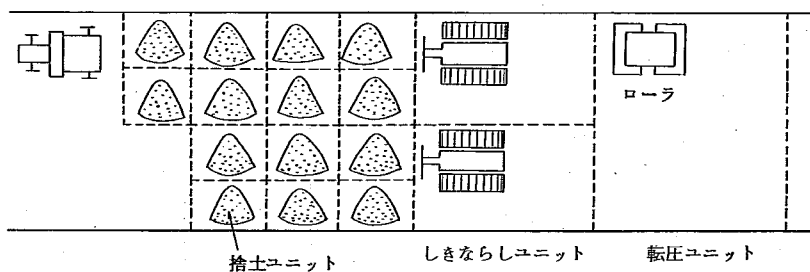


図3-18 施工ユニット

3-3-2 コアー材盛立作業

本節のデータは調査区2の現場におけるコアゾーンの調査結果である。

(1) 作業概要と工事諸元

ダンプトラックにより搬入、捨土された材料をブルドーザがしきならし振動ローラが転圧する。その間、ブルドーザはダンプトラックの捨土準備およびローラの転圧準備のために盛立表面のかきならしの作業をもあわせて行なう。これらの作業概要を図3-18および写真3-3に示す。

盛立工事に関する主な諸元を以下に示す。

施工機械

ブルドーザ	17 t	1台	コアー材のしきならしおよびかきならし
振動ローラ	8 t	2台	コアー材の転圧

ダンプトラック 11 t 3台 コア材の運搬

転圧方法

回 数 6回

まき出し厚 20 cm

盛立材料 中粒砂岩

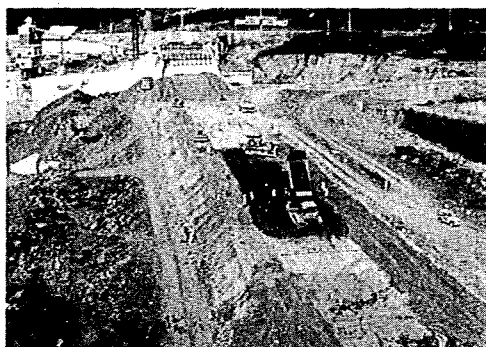


写真3-3 作業概要

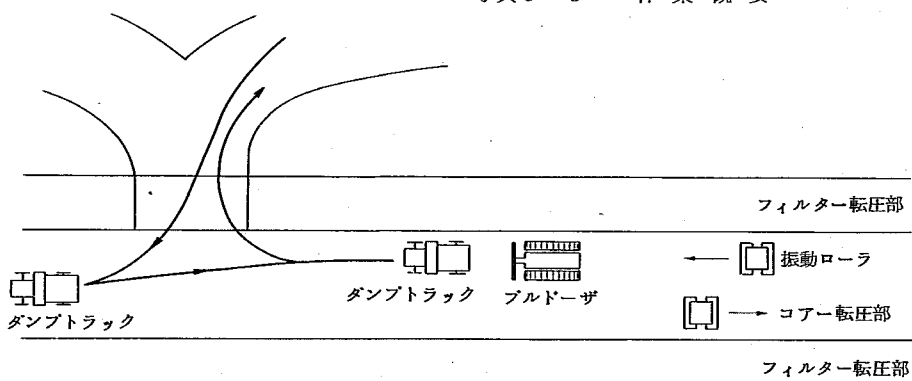


図3-19 コア盛立作業現場

(2)各施工機械の動作分析

施工現場における観察および撮影されたデータフィルムの検討の結果、ダンプトラック、ブルドーザ、振動ローラの作業中の挙動を以下の様に分類する。

○ダンプトラック

場内進入

待機 ……他車が捨土をしている場合は、停止して待機する。

捨土地点への接近…待機点より捨土地点へ後進する。

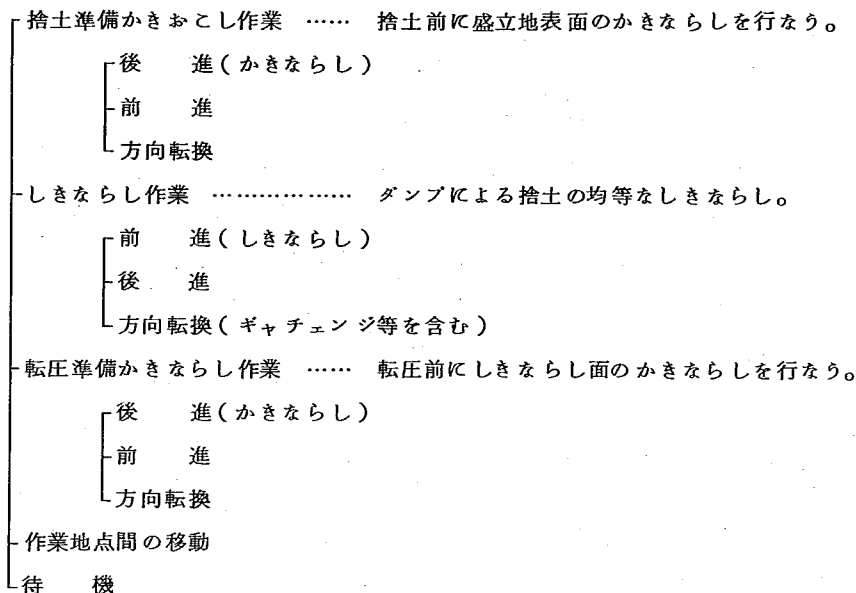
捨土 ……荷台を上昇させる。

退出 ……捨土の完了を確認して発進、場外へ退出。

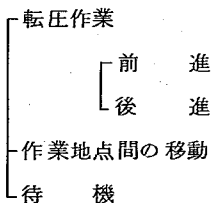
前進

待機 ……他車が進入しようとしている時、停止もしくは減速して待機

○ブルドーザ



○振動ローラ



前述の様に各施工機械は各々個有の動作をもって作業を行なっているのであるが、それらのあわさった全体的な挙動について何らかの関連があるのは明らかである。ここでは、編成された機械群の相互関係について考察する。データフィルムより、ダンプトラック、ブルドーザおよび、2台のローラA、Bの各動作を追跡したものが、図3-20である。このデータおよび現場観測より各施工機械の相互関係に関するルールとして、次の様な各項が考えられる。

1. ダンプトラックの捨土作業のリズムは、盛立面での作業の事情よりも積込運搬作業の事情により大きく影響される。
2. ブルドーザは、捨土作業が進むと、一般にまず捨土準備のためのかきならし作業を行ない、ダンプトラックの捨土待ちの状態が生じることを避けている。
3. ローラの転圧作業が進むとブルドーザは次の転圧地点のかきならしを行なう。
4. ブルドーザは、適当な量の捨土がなされた後に、しきならし作業を開始しており、一度に連続してなされる作業の規模はほぼ同程度である。(しきならしユニット)
5. ブルドーザによるかきならし作業、転圧作業、しきならし作業に伴うダンプトラック、ブルドーザ、ローラの稼働状態をモデル化すると図3-21のようになる。

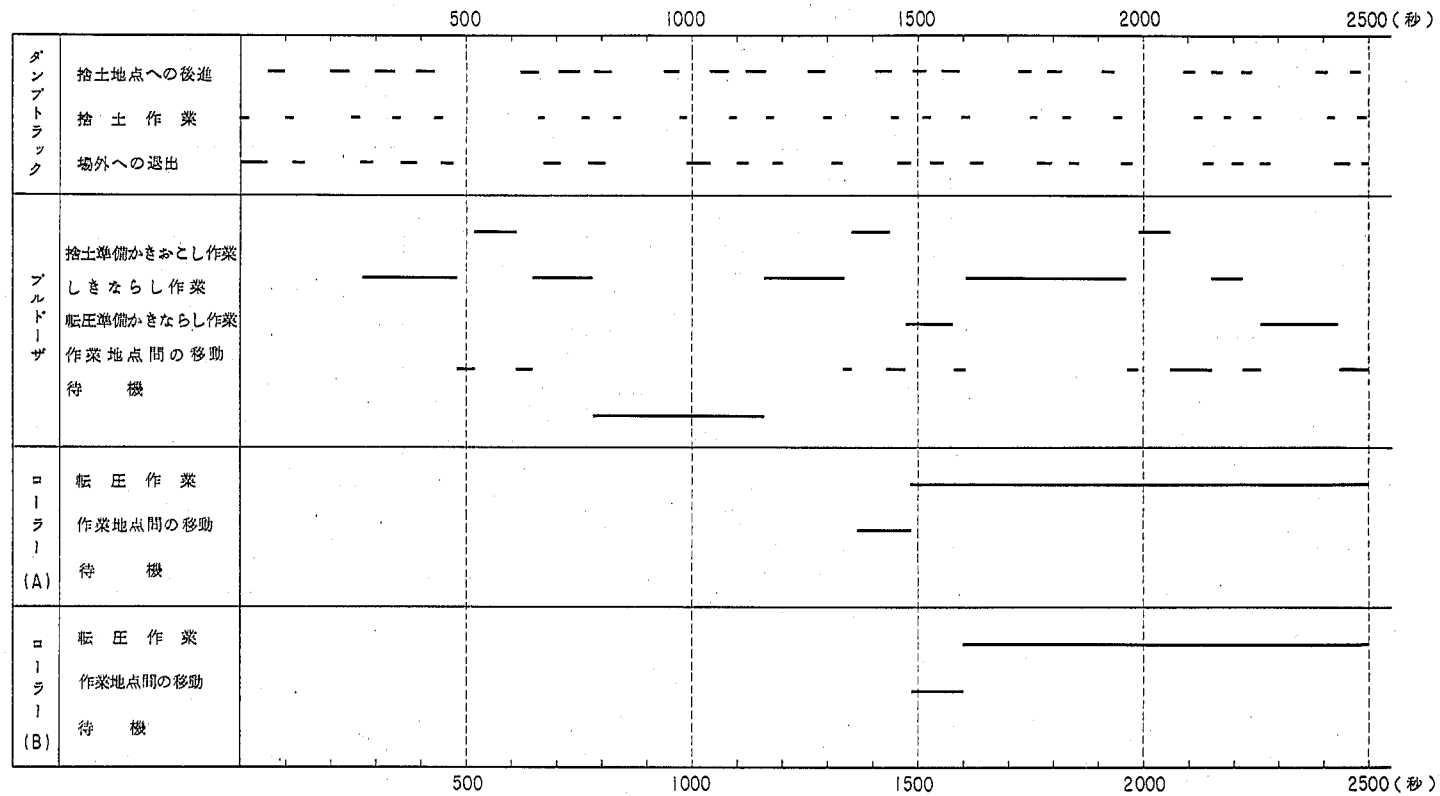
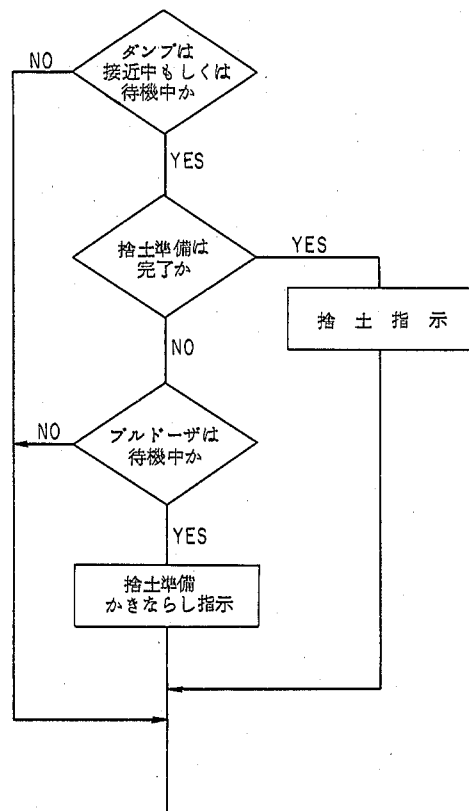
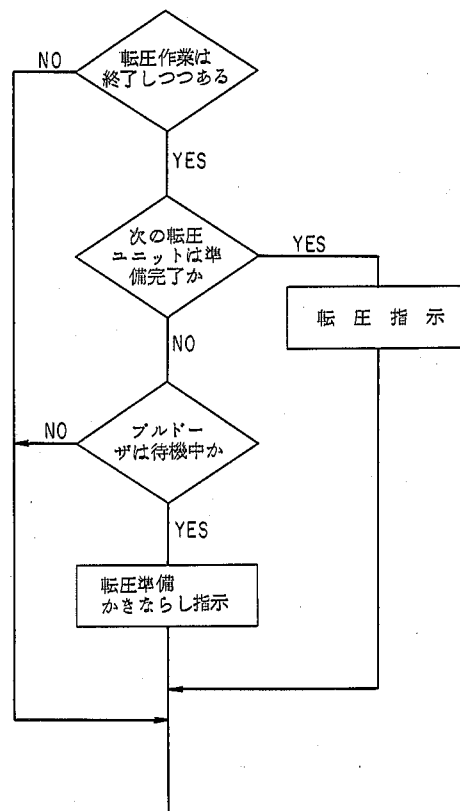


図 3 - 2 0 コアー盛立現場における各施工機械の挙動

捨土作業



転圧作業



しきならし作業

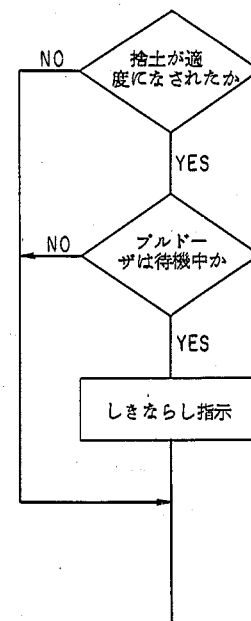


図 3-21 コア盛立作業における各施工機械の稼動モデル

(3) フィルムデータの読取り

前節において、ダンプトラック、ブルドーザ、振動ローラの動作を分類した結果にもとづいて、以下の様な時刻読取動作を定める。

ダンプトラックの時刻読取動作

- 捨土地点への接近（後進）開始時刻 …… 待機、折返し点より捨土地点へ後進を開始した時刻
- 捨土開始時刻 …………… 所定の点に停止し、捨土のため荷台を上昇させ始めた時刻
- 発進（退出開始）時刻 …… 荷台の上昇が完了したのち、発進を始めた時刻＝捨土完了時刻
- 退場時刻 …………… 盛土場内より退出した時刻

ブルドーザの時刻読取動作

- 前進開始時刻
- 後進開始時刻
- 停止時刻

ローラの時刻読取動作

- 転圧動作開始時刻（前後進の区別なし）
- 移動開始時刻
- 停止時刻

以上の項目について、データフィルムより時刻を読取り、所要動作時間を算定した。ダンプトラックについては、表3-14、ブルドーザについては表3-15、2台のローラAおよびBについて表3-16に示す。

表 3 - 14 ダンプトラックの捨土作業の分析表 (単位: 秒)

	後進 開始時刻	後進 所要時間	捨土 開始時刻	捨土 所要時間	前進 開始時刻	退出 所要時間	場外 退出時刻	備 考
1	—	—	—	—	4	54	58	他車の進入待ち
2	60	38	98	15	113	26	139	
3	202	42	244	20	264	29	293	
4	295	46	341	13	354	35	389	
5	390	37	427	19	446	22	468	
6	620	40	660	12	672	41	713	他車の進入待ち
7	708	42	750	16	766	27	793	
8	789	35	824	14	838	23	861	
9	940	35	975	17	992	52	1044	他車の進入待ち
10	48	40	88	14	102	28	130	
11	126	38	164	16	180	18	198	
12	261	34	295	17	312	22	334	
13	415	36	451	14	465	24	489	
14	490	25	515	13	528	25	553	
15	556	35	591	19	610	25	635	
16	730	25	755	14	769	25	794	
17	788	31	819	16	835	15	850	
18	910	23	933	13	946	23	969	
19	85	30	115	16	131	21	152	
20	147	27	174	17	191	22	213	
21	215	28	243	15	258	16	274	
22	385	24	409	15	424	34	458	他車の進入待ち
23	454	22	476	14	490	—	—	

表 3-15 盛立作業におけるブルドーザの動作時間分析表

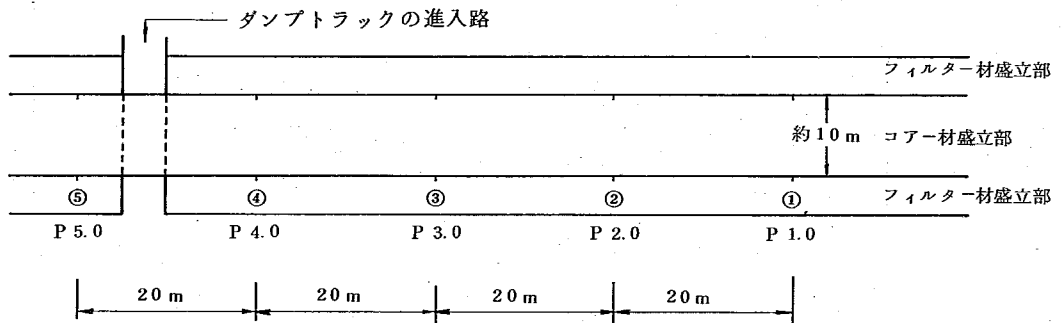
作業種別, 作業ブロック	動作種別	動作開始時刻	動作終了時刻	動作時間	備 考
	前 進	270	286	16	
しきならし作業	後 "	286	295	9	
P 1.5 ~ 2.0	前 "	295	309	14	
	後 "	309	321	12	
	前 "	321	333	12	
	後 "	333	343	10	
	前 "	343	366	23	転進を含む
	後 "	366	378	12	
	前 "	378	392	14	転進を含む
	後 "	392	403	11	
	前 "	403	420	17	
	後 "	420	429	9	
	前 "	429	440	11	
	後 "	440	450	10	
	前 "	450	469	19	
	後 "	469	480	11	
かきならしブロックへの移動	前 "	480	514	34	
	後 "	514	529	15	
捨土準備のための	前 "	529	569	40	少々もたつきあり, 転進を含む
かきならし作業	後 "	569	582	13	
P 2.0 ~ 2.5	前 "	582	595	13	転進を含む
	後 "	595	610	15	
しきならし地への移動	前 "	610	643	33	
	前 "	643	664	21	
しきならし作業	後 "	664	681	17	
P 1.5 ~ 2.2	前 "	681	698	17	転進を含む
	後 "	698	708	10	
	前 "	708	724	16	
	後 "	724	742	18	
	前 "	742	764	22	
	後 "	764	778	14	
作業段取り待ち	停 止	778	1,160	382	
	前 進	1,160	1,174	14	
しきならし作業	後 "	1,174	1,185	11	
P 1.5 ~ 2.2	前 "	1,185	1,202	17	
	後 "	1,202	1,214	12	
	前 "	1,214	1,225	11	
	後 "	1,225	1,232	7	
	前 "	1,232	1,238	6	

表 3 - 15 の 2

作業種別, 作業ブロック	動作種別	動作開始時刻	動作終了時刻	動作時間	備 考
	停 止	1,238	1,271	33	
	後 進	1,271	1,288	17	
	前 "	1,288	1,306	18	
	後 "	1,306	1,316	10	
	前 "	1,316	1,335	19	
移動	前 進	1,335	1,353	18	
	後 進	1,353	1,368	15	
捨土準備	前 "	1,368	1,382	14	転進を含む
かきならし作業	後 "	1,382	1,399	17	
P 2.5 ~ 3.0	前 "	1,399	1,426	27	転進を含む
	後 "	1,426	1,442	16	
移動	前 進	1,442	1,476	34	
	後 進	1,476	1,500	24	
転圧準備	前 "	1,500	1,518	18	
かきならし作業	後 "	1,518	1,539	21	
P 1.0 ~ 2.0	前 "	1,539	1,558	19	
	後 "	1,558	1,576	18	
移動	前 進	1,576	1,605	29	
	前 進	1,605	1,618	13	
しきならし作業	後 "	1,618	1,630	12	
P 2.2 ~ 2.7	前 "	1,630	1,652	22	
	後 "	1,652	1,670	18	
	前 "	1,670	1,697	27	
	後 "	1,697	1,714	17	
	前 "	1,714	1,740	26	
	後 "	1,740	1,750	10	
	前 "	1,750	1,770	20	
	前 "	1,770	1,781	11	斜方向に転進
	後 "	1,781	1,801	20	
	前 "	1,801	1,826	25	
	後 "	1,826	1,837	11	
	前 "	1,837	1,854	17	
	後 "	1,854	1,866	12	
	前 "	1,866	1,892	26	
	後 "	1,892	1,908	16	
	前 "	1,908	1,924	16	
	後 "	1,924	1,936	12	
	前 "	1,936	1,964	28	
移動	前 進	1,964	1,986	22	
	後 進	1,986	2,010	24	

表 3 - 15 の 3

捨土準備	前 進	2,010	2,024	14	転進を含む
かきならし作業	後 "	2,024	2,043	19	
P 3.0 ~ 3.7	前 "	2,043	2,057	14	転進を含む
	後 "	2,057	2,071	14	
	前 進	2,071	2,100	29	
移 動	停 止	2,100	2,118	18	
	前 進	2,118	2,146	28	
	前 進	2,146	2,159	13	
しきならし作業	後 "	2,159	2,169	10	
P 2.7 ~ 3.0	前 "	2,169	2,183	14	
位置 2.7 ~ 3.0 m	後 "	2,183	2,194	11	
	前 "	2,194	2,204	10	
	後 "	2,204	2,218	14	
移 動	前 進	2,218	2,261	43	多少混乱
	後 進	2,261	2,283	22	
転圧準備	前 "	2,283	2,331	48	ブルによる転圧?
かきならし作業	後 "	2,331	2,359	28	
P 2.0 ~ 2.0	前 "	2,359	2,377	18	
	後 "	2,377	2,395	18	
	前 "	2,395	2,425	30	局部的にやりなおし
	後 "	2,425	2,437	12	"
移 動	前 進	2,437	—	—	



転圧作業現場の測点

表3-16 ロ-ラの動作時間分析表

1/6

ロ-ラA					ロ-ラB				
	転圧動作開始時刻	転圧動作終了時刻	所要転圧時間	備 考		転圧動作開始時刻	転圧動作終了時刻	所要転圧時間	備 考
1	485	528	43		1	599	651	52	
2	528	574	46		2	651	697	46	
3	574	620	46		3	697	745	48	
4	620	665	45		4	745	793	48	
5	665	704	39		5	793	856	63	端部を念入りに
6	704	745	41		6	856	897	41	
7	745	793	48		7	897	966	69	端部を念入りに
8	793	834	41		8	966	1,008	42	
9	834	885	51		9	1,008	(60)	52	
10	885	923	38		10	(60)	70	10	部分的に作業
11	923	960	37		11	70	117	47	
12	960	1,006	46		12	117	165	48	
13	1,006	47	41		13	165	215	50	
14	47	94	47		14	215	265	50	
15	94	110	* 16	部分的に作業	15	265	307	42	
16	110	153	43		16	307	343	36	
17	153	196	43		17	343	375	32	
18	196	240	44		18	375	420	45	
19	240	285	45		19	420	467	47	
20	285	328	43		20	467			
21	328	370	42						
22	370	412	42						
23	412	455	43						
24	455								

(4) ダンプトラックの捨土作業時間の検討

i) 捨土地点への接近時間の検討

接近時間は本来その後進距離に関係があると考えられる。表3-14における個々のデータについて、その接近距離を記録することは出来なかったが、最初と最後のデータにおいて、その値は約70mと30mであることが判明しており、その間を2mピッチで補間した値を接近距離と仮定してその相関の度合を調べ、回帰分析を行なう。なお上記の仮定した値はダンプトラックの1回の運搬量等と比較しても十分妥当な値であることは容易に推定される。

データ 距離 x m, 所要時間 y 秒

x	70	68	66	64	62	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40	38	36	34	32	30	28
y	38	42	46	37	40	42	35	35	40	38	34	36	25	35	25	31	23	30	27	28	24	22

$$\bar{x} = 49$$

$$\bar{y} = 33.32$$

$$Sx = 12.99$$

$$Sy = 6.97$$

相関係数

$$r = \frac{\sum (\bar{x} - x_i)(\bar{y} - y_i)}{(n-1)Sx \cdot Sy} = \frac{1631}{1901} = 0.86$$

r の値よりかなり強い相関が認められる。

回帰直線

$$y = a + b(x - \bar{x})$$

$$a = \bar{y} = 33.32$$

$$b = \frac{\sum (x_i - \bar{x})y_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = \frac{1641}{3542} = 0.463$$

したがって

$$y = 0.463x + 10.618$$

点(x, y)の分布と回帰直線を図3-22に示す。

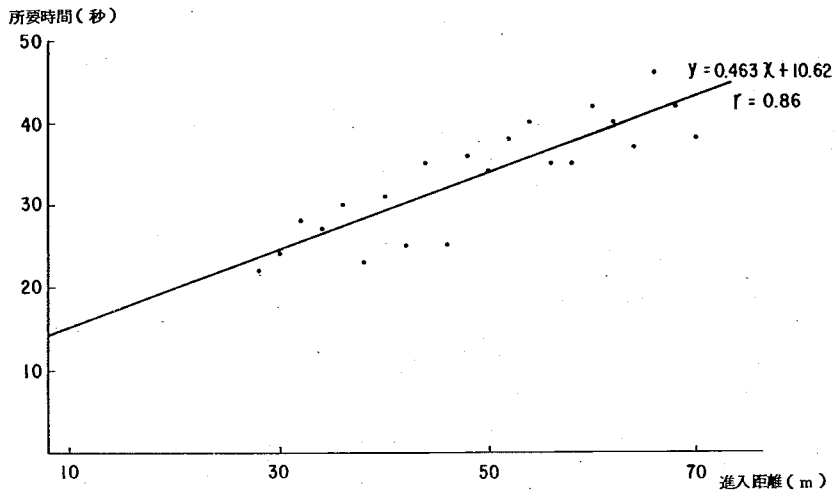


図 3 - 22 ダンプトラックの捨土準備時間と進入距離

ii) 捨土所要時間の検討

表 3 - 14 における捨土所要時間のデータについて、平均 $\bar{x}$ 、標準偏差 S 、および 3σ による信頼区間を求める。

$$\bar{x} = 15.41$$

$$S = 2.31$$

$$3\sigma \text{ 巾 } 8.48 \sim 22.34$$

全データが区間内にあり、棄却データはない。標準分布を図 3 - 23 に示す。

iii) 退出時間

退出時間も後進時間と同様に距離に深い相関があると考えられる。したがって、同様の仮定を行なって相関、回帰の分析を行なう。

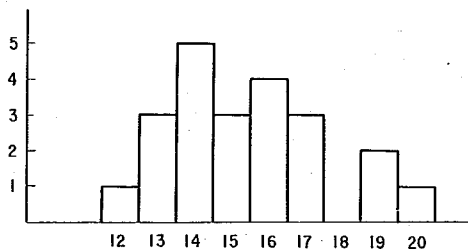


図 3 - 23 ダンプトラックの荷台上昇時間

データ 退出距離 x (m), 退出時間 y (秒)

x	68	66	64	62	58	56	52	50	48	46	44	42	40	38	36	34	32	30
y	26	29	35	22	27	23	28	18	22	24	25	25	25	15	23	21	22	16

$$\begin{aligned}\bar{x} &= 48.11 & \bar{y} &= 23.67 \\ Sx &= 12.13 & Sy &= 4.73\end{aligned}$$

相関係数

$$r = \frac{\sum (\bar{x} - x_i)(\bar{y} - y_i)}{(n-1)SxSy} = \frac{606.67}{975.37} = 0.622$$

回帰直線

$$y = a + b(x - \bar{x})$$

$$a = \bar{y} = 23.67$$

$$b = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) y_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = \frac{623.25}{2499} = 0.249$$

$$y = 0.249x + 11.671$$

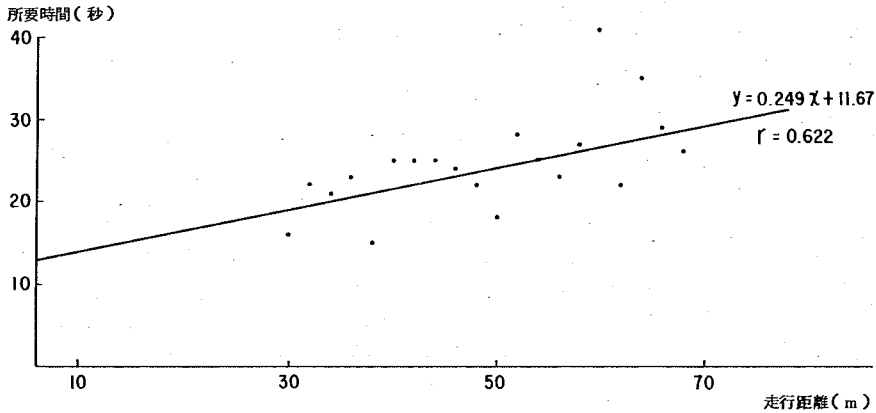


図 3 - 24 ダンプトラックの退出時間

(5) ブルドーザの作業時間の検討

ブルドーザの前後の動作時間はその作業距離に関係があるものと思われる。捨土準備、かきならし作業および転圧準備かきならし作業においてはその作業距離は一定であるが、しきならし作業においてはその作業距離は任意であり、現場計測においてそれを求めるのは非常に困難である。したがって、本調査ではかきならし時間についてのみ考察を加え、しきならし時間については別途その方法を検討する。以下にそのデータを示す。ただし＊は観測結果にもとづき棄却したデータである。

○ 前進データ

時間	40*	13	14	27*	14	14	18	19	48*	18	30*
距離	10	10	10	10	14	14	20	20	20	20	20

回帰直線

$$y = \bar{y} + b(x - \bar{x})$$

$$b = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) y_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = \frac{64.7}{125.7} = 0.515$$

$$\bar{y} = 15.714$$

$$y = 0.515x + 7.768$$

所要時間(秒)

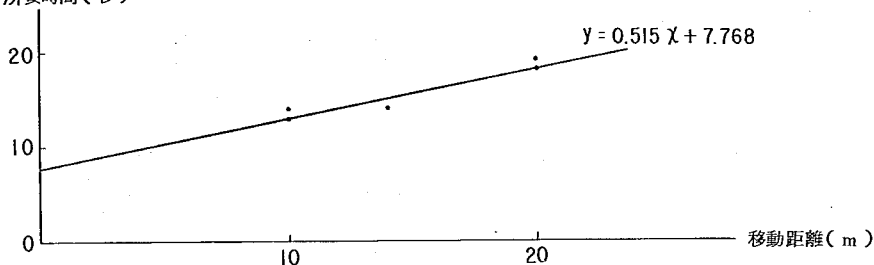


図 3 - 25 ブルドーザの前進時間

○ 後進データ

時間	15	13	15	15	17	16	24	19	14	24	21	18	22	28	18
距離	10	10	10	10	10	10	14	14	14	20	20	20	20	20	20

$$\bar{x} = 14.8$$

$$\bar{y} = 16.6$$

$$b = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) y_i}{\sum (x_i - \bar{x})^2} = \frac{198.8}{302.4} = 0.657$$

$$y = 0.657x + 6.87$$

所要時間(秒)

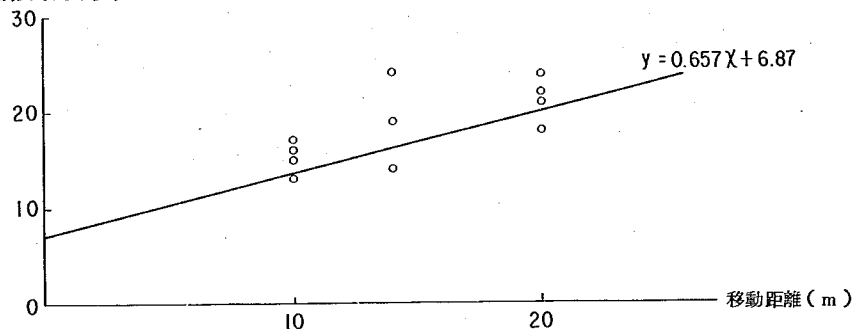


図 3 - 26 ブルドーザの後進時間

(6) 振動ローラの作業時間の検討

表 3-16 におけるローラ A, B の転圧動作時間の検討を行なう。ローラ A のデータ ⑩およびローラ B のデータ ⑤, ⑦, ⑩は部分的に転圧をくり返したり, 特に念入りに行った作業であり, 一応データから除外し, 通常の状態で作業をしたもののみで検討を行なう。

ローラ A の所要時間のデータの平均 $\bar{x}_1$, 標準偏差 σ_1 とすると,

$$\bar{x}_1 = 43.36, \quad \sigma_1 = 3.30, \quad n_1 = 22, \quad 99\% \text{ 区間 } 34.78 \sim 51.94$$

ローラ B の所要時間のデータの平均 $\bar{x}_2$, 標準偏差 σ_2 とすると,

$$\bar{x}_2 = 45.38, \quad \sigma_2 = 5.57, \quad n_2 = 16, \quad 99\% \text{ 区間 } 30.90 \sim 59.86$$

ローラ A およびローラ B のデータが同一の母集団のものであることを検討する。

検定仮説 $H_0: \bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0$

$$\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} = 1.56$$

95% の棄却域は $\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} < 3.12$

$$|\bar{x}_1 - \bar{x}_2| = 2.02 \text{ である。}$$

したがって, 転圧動作時間の特性値としては, $\bar{x}_1, \bar{x}_2$ の算定に用いられた全データより得るのが妥当である。

図 3-27 に全データによる平均 $\bar{x}$, 標準偏差 S, およびヒストグラムを示す。

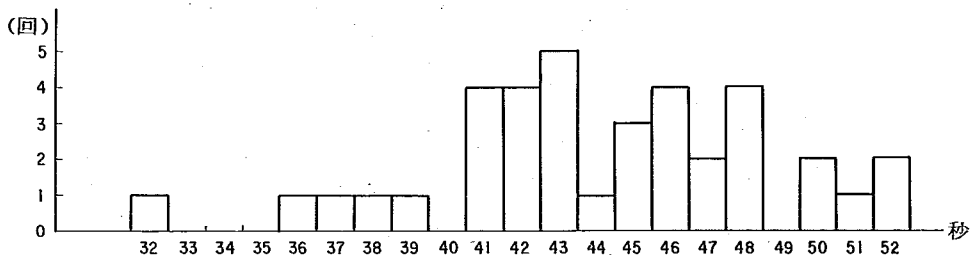


図 3-27 振動ローラの走行時間

3-3-3 スクレーバによるランダムゾーンの盛立

本節のデータは, 調査区 3 のランダムゾーンの運搬, まき土, 盛立作業に関する調査観察結果である。

(1) 作業概要

採取場における盛土材料をリッパドーザにより掘削し整地する。3 台のけん引式スクレーバがブルドーザの助けをかりてそれを積み込み, ランダ



写真 3-4 作業概要

ムゾーン上まで運搬し撒土する。しきならしおよび予備転圧をブルドーザが行ない、タイヤローラが仕上げ転圧を行なう。これらの作業手順を図3-28に、また作業概要を写真3-4に示す。

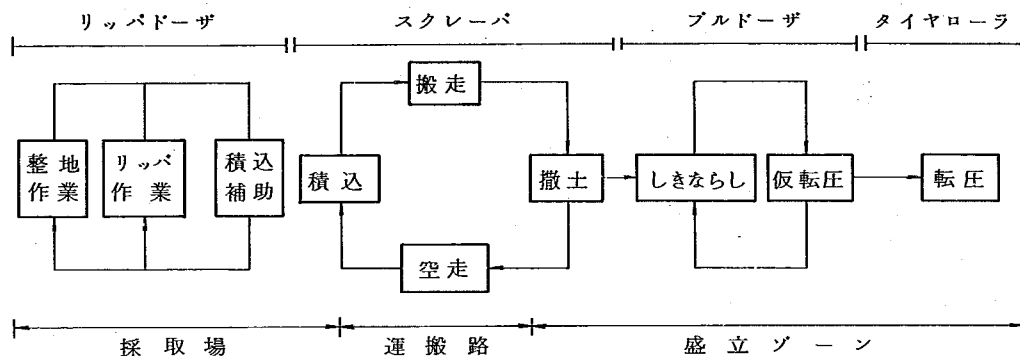
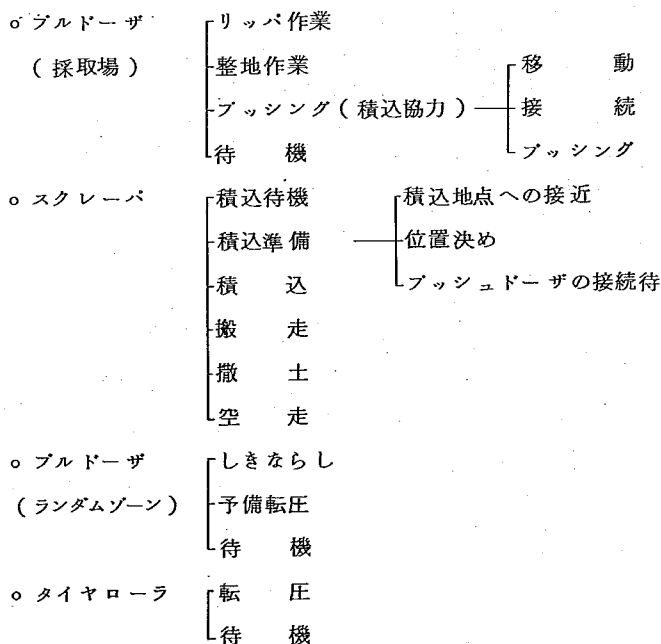


図3-28 ランダムゾーン盛立作業の全容

施工ユニットは、上流側ランダムゾーンにおいては地形による盛立面形状を考慮して3～4ブロックに分割し、1ユニットは50～100mの辺長を有する大きなものであるが、同時にしきならしおよび転圧の作業が1つのユニット内で並行して行なわれる。

(2)動作分析

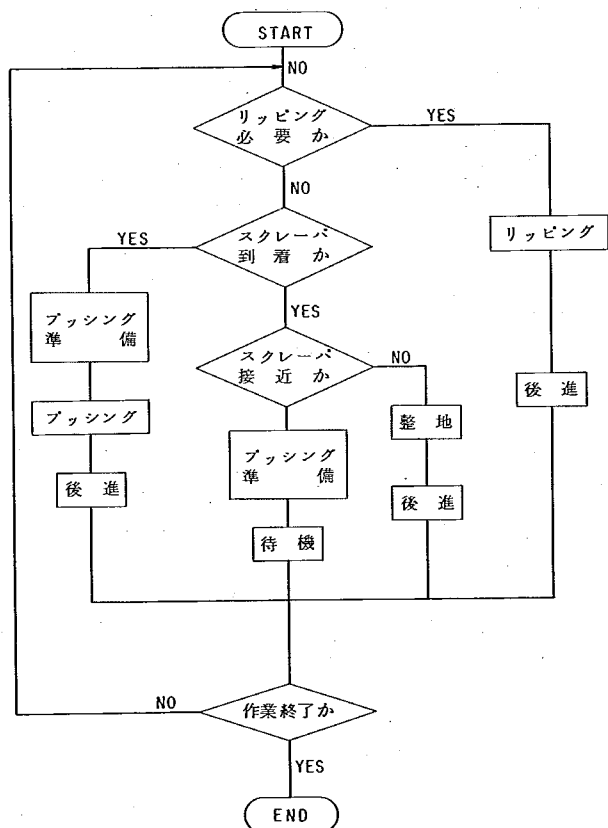
ランダムゾーンの盛立に従事する各施工機械の稼働状態を以下の様に分類する。



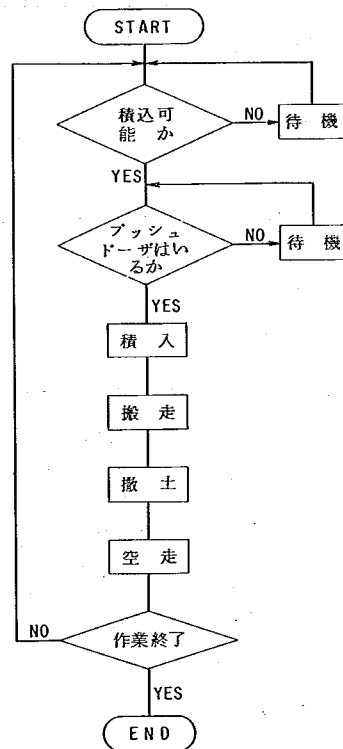
すなわち採取場におけるブルドーザはリップ作業により岩盤を破碎し、スクレーバの進入積込を

容易にするための整地（地ならし）を行なうとともに、スクレーバが接近すると積込地点へ移動し、ブッシング（後押し）作業を行なって積込協力を行なう。一方スクレーバは積込地点へ接近し位置決めを終えるとブッシュドーザの接続を待ち、積込作業へと移る。積込が終了すれば搬走し、ランダムゾーンに撤土して積込地点へと引返してくる。当該現場では2台のスクレーバが同時に作業を行っていたが、常に1台が他の1台の後に接して上記のサイクル作業を進めていた。これは積込協力を行なうブルドーザの効率を高め残りの時間をリップ作業や整地作業に専念することを助ける反面、後続のスクレーバの待機時間を大きくし運搬能力を低下させる結果となったと思われる。

ランダムゾーンにおいては、スクレーバによる撤土をブルドーザがしきならし予備転圧を行なう。また予備転圧がある程度進むと同時に同じ施工ユニットでタイヤローラによる転圧作業が開始される。これらの事を考慮に入れて採取場におけるブッシュドーザおよびスクレーバの稼働モデルを図3-29の様に設定する。またタイヤローラおよび盛立ゾーンにおけるブルドーザに関しては前節と類似しており、ここでは省略する。



(a) ブッシュドーザの稼働モデル



(b) スクレーバの稼働モデル

図3-29 ブッシュドーザとスクレーバの稼働モデル

(3) スクレーバの所要時間の分析

スクレーバ動作読取時刻を以下の様に決めてフィルムデータの読取りを行なった。(図 3-30 参照)

- 積込開始時刻 : ブッシュドーザが接続して発進が始まる時刻
- 積込終了時刻 : ブッシュドーザが離れ、搬走開始する時刻
- 撒土開始時刻 : 盛立ゾーン上に到着し撒土を開始する時刻
- 撒土終了時刻 : 撒土を終了し、採取場へ引き返す時刻
- 採取場到着時刻 : 採取場に到着する時刻

これらの読取り結果を表 3-17 に示す。表中一の部分は作業状態の判定が困難で時刻の読みとれない箇所である。

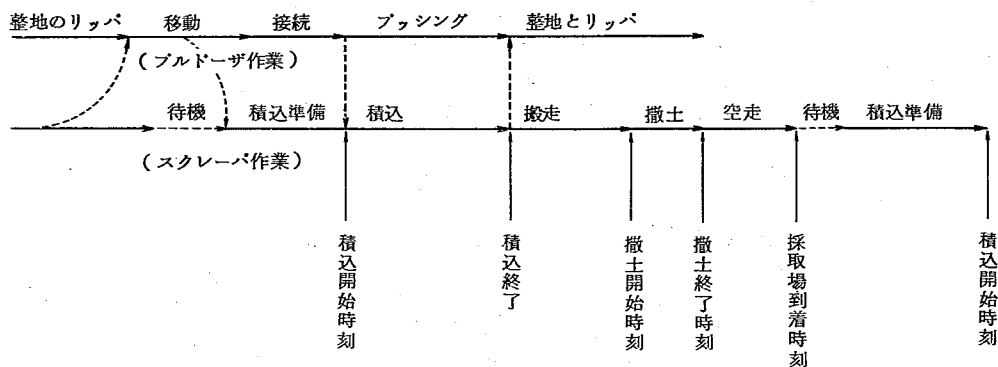


図 3-30 データフィルムの読取り時刻

このフィルムデータの読取り結果よりスクレーバの各所要動作時間を算定する。算定式は図 3-30 より以下の様に定めた。

$$\text{積込時間} = \text{積込終了時刻} - \text{積込開始時刻}$$

$$\text{搬走時間} = \text{撒土開始時刻} - \text{積込終了時刻}$$

$$\text{撒土時間} = \text{撒土終了時刻} - \text{撒土開始時刻}$$

$$\text{空走時間} = \text{採取場到着時刻} - \text{撒土終了時刻}$$

$$\text{積込待機および積込準備時間} = \text{積込開始時刻} - \text{採取場到着時刻}$$

これらの算定値、平均、標準偏差等を表 3-18 に示す。ただし表中スクレーバ(1)、スクレーバ(2)については撒土開始時刻が読みとれなかったため両方の和の値を記した。

表3-17 データフィルムの読み取り (スクレーパ)

	積込開始時刻	積込終了時刻	捨土開始時刻	捨土終了時刻	採取場到着時刻	備 考
スクレーパ (1) (フィルム①)	-	47	-	233	404	捨土後 約50秒停止
	416	473	-	661	801	
	813	875	-	1,072	1,181	
	1,205	1,277	-	1,484	1,606	
	1,624	1,678	-	1,887	1,990	
	2,037	2,093	-	2,309	2,679	捨土後 停止
	2,698	2,745	-	2,915	-	
スクレーパ (1) (フィルム②)	7	46	-	265	453	
	479	522	-	753	930	採取場へはゆっくり到着
	970	1,027	-	1,223	1,385	
	1,413	1,450	-	1,649	1,818	
	1,855	1,904	-	2,122	2,305	
	2,339	2,385	-	2,643	-	
スクレーパ (2) (フィルム①)	85	118	-	270	475	捨土後 43秒停止
	502	545	-	730	876	
	905	950	-	1,130	1,270	
	1,310	1,340	-	1,521	1,674	
	1,715	1,740	-	1,950	2,104	
	2,132	2,176	-	-	2,768	停車, 識別不能
	2,780	2,825	-	3,094	-	
スクレーパ (3) (フィルム②)	-	-	199	213	396	
	396	458	685	696	888	
	893	945	1,149	1,163	1,331	
	1,331	1,384	1,580	1,602	1,769	
	1,781	1,830	2,039	2,060	2,235	
	2,239	2,306	2,595	2,612	-	積込後 発車手間取り35秒

表 3-18 スクレーパの所要時間

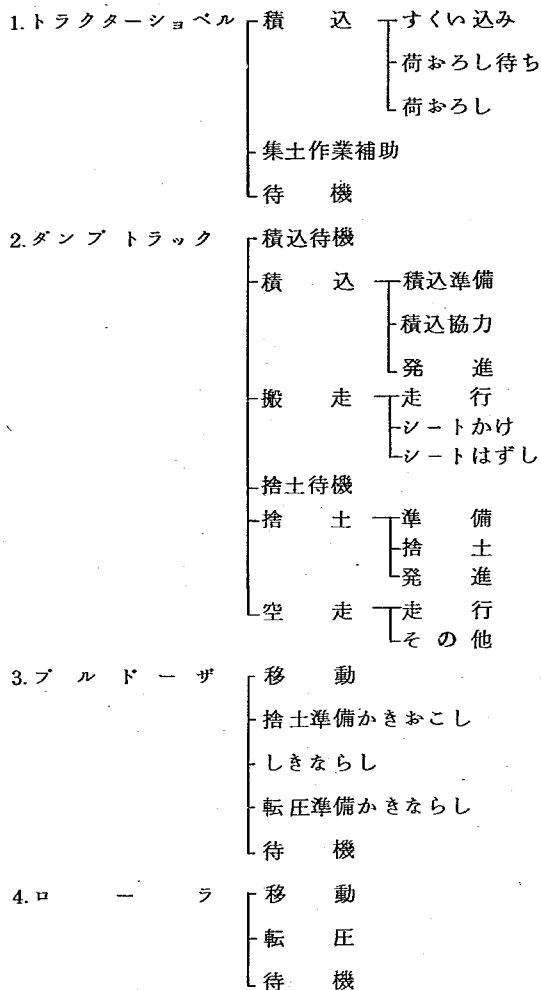
	デ-タ	横 込 時 間	搬 走 時 間	積 土 時 間	空 走 時 間	待機および積込準備	全サイクルタイム
スクレーパ (1) (フィルム (1))	個 別 デ- イ タ	-	186		171	12	-
		57	188		140	12	379
		62	197		109	24	380
		72	207		122	18	425
		54	209		103	47	384
		56	216		370*	19	689*
		47	170		-	-	-
	平 均 値	58.0	196.1		129.0	22.0	396.5
	標 準 偏 差	8.4	16.0		27.4	13.1	20.3
	95% 信 頼 巾	41~175	164 ~ 228		74~184	0~48	355~437
スクレーパ (1) (フィルム (2))	個 別 デ- イ タ	39	219		188	26	477
		43	231		177	40	455
		57	196		162	28	433
		37	199		169	37	487
		49	218		183	34	-
		46	258		144	-	-
	平 均 値	45.2	220.2		175.8	33.0	463.0
	標 準 偏 差	7.3	22.8		10.5	5.9	24.1
	95% 信 頼 巾	23~67	152 ~ 288		144~207	21~45	391~535
スクレーパ (2) (フィルム (1))	個 別 デ- イ タ	33	152		205*(162)	27	401
		43	185		146	29	394
		45	180		140	40	404
		30	181		153	41	430
		25	210		154	28	664*
		44	269*		-	12	-
		45	-		-	-	-
	平 均 値	37.9	181.6		148.3	29.5	407.3
	標 準 偏 差	8.3	20.6		6.6	10.6	15.7
	95% 信 頼 巾	21~54	141 ~ 223		135~161	8~51	376~438
スクレーパ (3) (フィルム (2))	個 別 デ- イ タ	-	-	14	-	-	-
		62	227	11	183	0	492
		52	204	14	192	5	443
		53	196	22	168	0	438
		49	209	21	167	12	466
		67	289*	17	175	4	-
	平 均 値	56.6	209.0	16.5	177.0	4.2	460.0
	標 準 偏 差	7.6	13.1	4.3	10.6	4.9	24.7
	95% 信 頼 巾	42~72	183~235	4~30	145~209	0~14	386~534

3-4 考 察

前節までの調査結果に機械稼働シミュレータの開発という観点から検討考察を加えた。以下にその結果を示すが、その項目は各施工機械の動作分類、機械稼働モデルの構成、施工ユニットの設定、所要動作時間の推定等である。

(1) 動作分類

材料運搬および盛立作業に従事するトラクターショベル、ダンプトラック、ブルドーザ、ローラの各施工機械の動作を以下の様に分類する。



(2) 運搬作業モデル

運搬作業におけるトラクターショベルおよびダンプトラックの稼働状態は前述の分類結果のとおりである。すなわち、トラクターショベルは積込作業を続け、到着ダンプトラックがない場合には集土作業の補助もしくは待機の状態に移る。一方ダンプトラックは積込、搬走、捨土、空走の各状態

をくり返し、積込作業と捨土作業へ移る前に待機する場合がある。ここで積込作業前の待機はトラクターショベルがすべて積込作業中の場合であるが、捨土作業前の待機は盛立面の形状等により複数台のダンプが同時に進入捨土をできない場合のほかブルドーザによる捨土面のかきおこしが完了していない場合も含まれる。これらの関係を図3-31に示す。

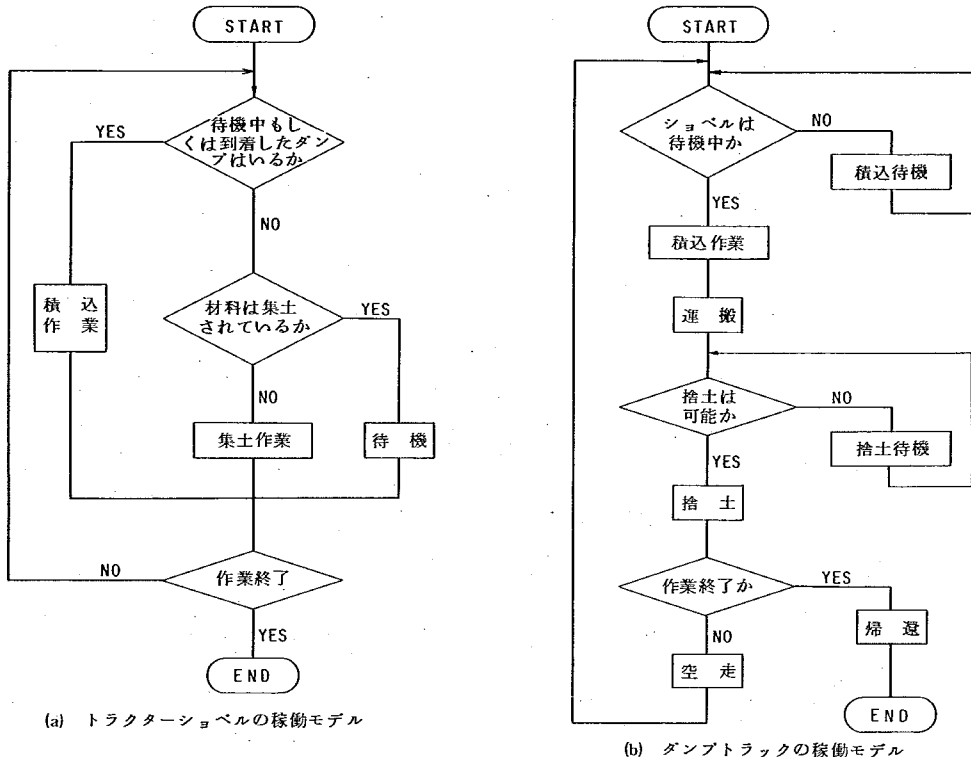


図3-31 運搬作業モデル

(3) 盛立作業モデル

盛立作業におけるブルドーザおよびローラの稼働は前述の分類結果のとおりである。すなわち、ブルドーザは、捨土された材料のしきならしを行なうほか、捨土面の新旧材料のなじみをよくするための捨土準備かきおこしや転圧直前に転圧面の平滑化のためのかきならしの各作業を行なう。一方ローラは転圧準備のとのつた部分の転圧作業を行なう。これらの作業はその時の現場で判断される優先度に応じて臨機応変に進められており、そのモデル化のためには各々の作業単位と優先度の設定が必要と考えられる。ここではブルドーザおよびローラの各作業に対応した作業面積（施工ユニット）を盛立面上に設定し、1つの施工ユニット上で開始された作業は途中で中断なく終了するまで進められると仮定して作業の単位化を計る。この様な仮定に基づいてブルドーザおよびローラの稼働モデルを構成する。すなわち、待機中もしくは前作業の終了したブルドーザは、ダンプトラックが接近中もしくは待機状態に入っていてかつ捨土準備が完了していない場合にはまず

捨土準備かきおし作業に移る。また、ローラが待機もしくは転圧作業終了間近の場合には転圧準備かきならし作業を進めて転圧ユニットを準備する。更に捨土が適当な回数行なわれていればしきならし作業を行なう。いずれの場合でもない時には待機状態に移る。一方ローラは転圧準備がなされ、転圧ユニットが形成されていれば転圧作業に入り、その他の場合は待機する。これらの関係を図 3-32 に示す。

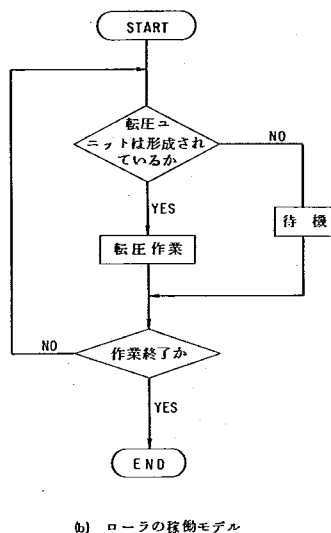
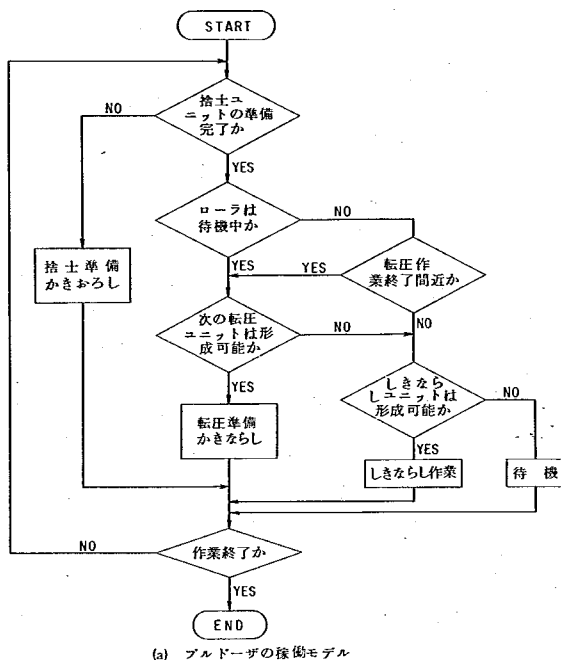


図 3-32 盛立作業における機械稼働モデル

(4) 施工ユニット

前述の盛立作業のモデル化と各作業の単位化のために設定した施工ユニットについて考察を行なう。施工ユニットが各作業毎に存在するとすると以下の4つが考えられる。

1. 捨土準備ユニット … 適当な回数の捨土が可能な範囲
2. しきならしユニット … ブルドーザの押土距離や盛立面形状により定まるしきならし容易な範囲
3. 転圧準備ユニット … 転圧ユニットと関連した範囲
4. 転圧ユニット … 盛立面形状、ローラの転圧走行距離等により定まる。

このうち、転圧準備ユニットは転圧ユニットと、また、捨土準備ユニットはしきならしユニットと大略等しいと考える。以下に、この調査対象となった各現場で見られた施工ユニットの概要を示す。

i) ゾーン巾のせまい場合

コアゾーンやフィルターゾーン等ゾーン巾がせまい場合(10m)1~2の列に捨土がなされ、しきならしユニットは巾がゾーン巾で長さは7~20m、転圧ユニットは長さ20mでしきならしユニットを1~3合わせたものが多い(図3-33(a)参照)。

ii) 盛立面が広い場合

ランダムゾーン等盛立面が広い場合には適当に区分されたユニットでしきならし、転圧の各作業が連続的になされる。この場合面積が大きくそのサイズは不明でありその時の施工条件によりその区分も流動的である。また、1つのユニットでしきならしと転圧が同時に行なわれる場合も見られた(図3-33(b)参照)。

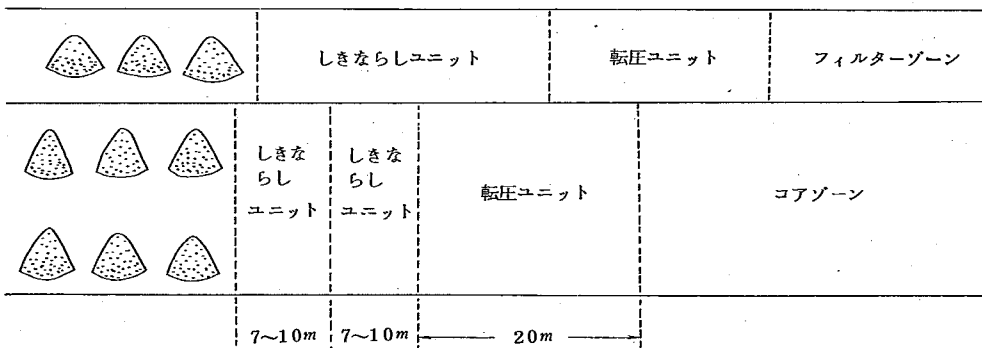


図3-33(a) 調査版1の施工ユニット

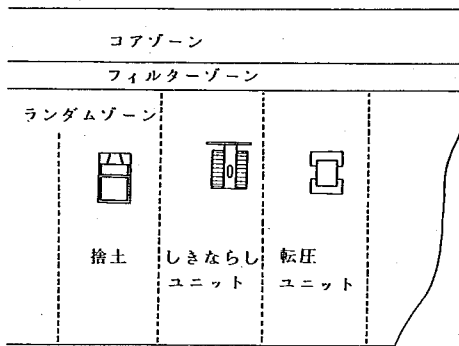


図 3-33 (b) 調査 No. 2 の施工ユニット

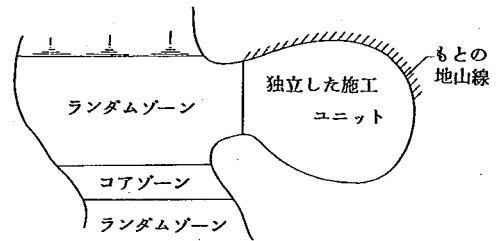


図 3-33 (c) 調査 No. 3 の施工ユニット

Ⅲ) 堤体周辺部

堤体周辺やその他の原地盤との接合部は、地形に応じて独立したユニットを形成してしきならし転圧が行なわれる（図 3-33 (c) 参照）。

(5) 積込所要時間

トラクターショベルの積込作業における各動作時間に関する検討結果は以下のとおりである。

- ① すぐい込動作時間は協力動作を行なうダンプトラックのオペレータの個性やすぐい込回数にはあまり影響されない。
- ② 荷おろし動作時間もダンプトラックのオペレータには左右されないが最終回の動作には積込材料の荷台でのならしを伴うため若干時間を要する。しかしながら、ダンプトラックの発進が常に先行しており、このことを考慮に入れると最終荷おろし所要時間も他の回数のそれと同等とみなしてさしつかえない様であった。
- ③ ダンプトラックのオペレータの個性が支配的なのは荷おろし待ち時間であった。しかし、これと同じオペレータでもタイミングのズレ等でバラツキは結構大きなものであった。
- ④ 所要作業時間の分布形については一般に言われている指数分布に比較的近いように思われた。これは上限値が機械の性能等により制限される条件下での最適を目指した作業のバラツキがこうなることは常識的に推定出来る。しかしながら、これだけのデータからは断定することはむずかしい。

以上の検討結果を考慮してトラクターショベルの積込作業に影響する要因としては図 3-34 の様なものが考えられる。

次にダンプトラックの積込準備、退出時間について考えると、影響要因とその関連については一般には図 3-35 の様に考えられる。

しかしながら走行距離は概して短かいものであるからダンプの諸元（機関、重量）等による影響はそれほど大きいものとは考えられずここでは一応除外する。また、オペレータの個性を確定

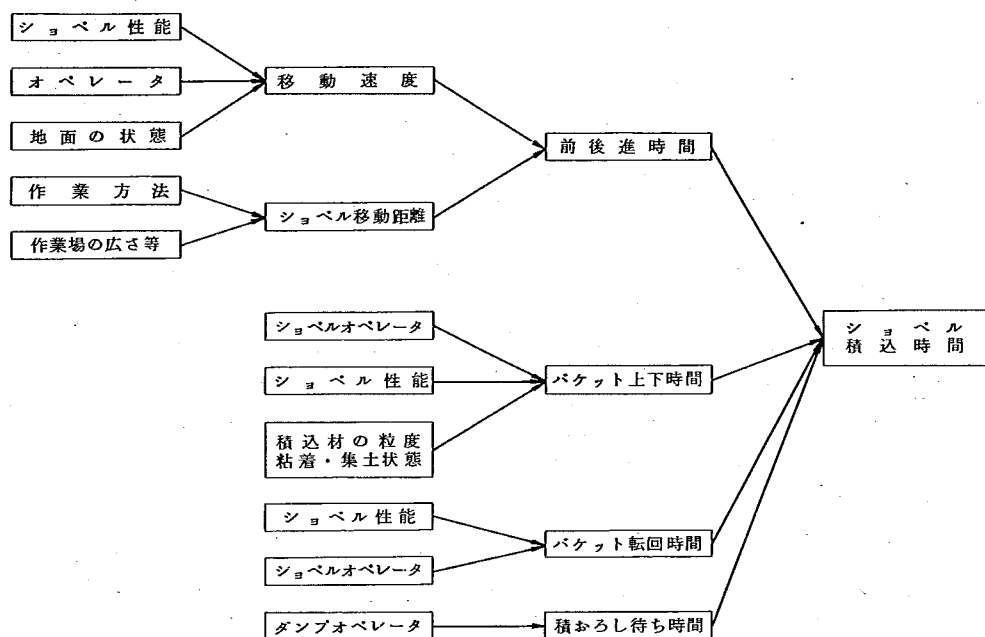


図 3-34 トラクターショベルの積込時間の影響要因

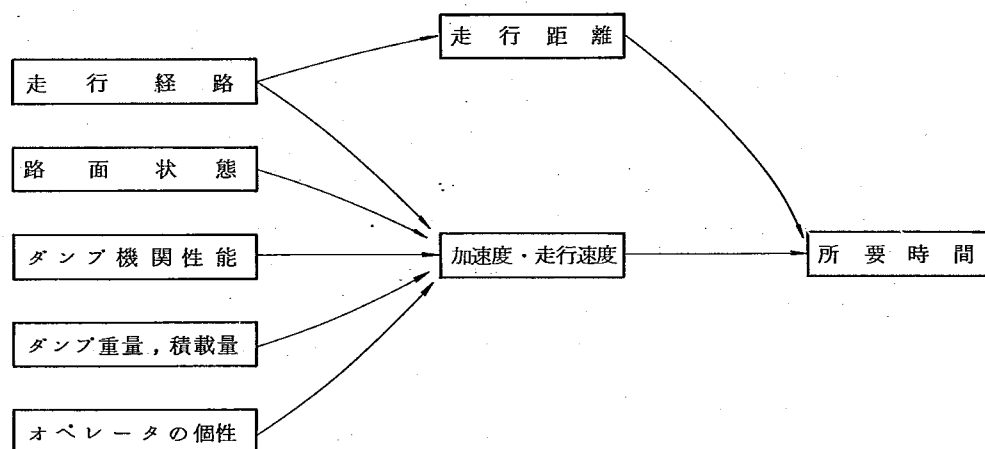


図 3-35 積込準備，退出時間の影響要因

的に求めることは困難であり外乱の中に加える。残った各項目を次の形で表わす。

- 走行距離, 経路 …… 前進距離勾配, 後進距離勾配, 方向転換距離
- 路面状態 …… 普通, 不良
- ダンプ積載量 …… 空, 実車の別

積込作業におけるこれらダンプの動作時間のデータは本調査によるものだけでは非常に数少ないものであり, 今後条件の異なる各現場でのデータと比較しつつ種々の条件のもとでの所要時間の推定方法の精度を高めていく必要がある。

(5) 盛立作業時間

ダンプトラックの捨土作業に関する検討の結果は以下の様であった。

- ① 前後進とも所要時間と距離との間にかなり強い線型相関が見られる。
- ② 回帰分析の結果はいずれも所要時間 $y = a \cdot x + b$ の形になった。
- ③ 荷台の上昇に要する時間は指数分布に近い形が考えられる。
- ④ および②について考察を進める。

④は速度が一定に近い値であれば当然理解できるものである。調査No. 1の観測結果等を見ても、この仮定はおおむね正しいようである。一定速度 v_0 で距離 x を進むに要する時間 Y は

$$y = \frac{1}{v_0} x$$

したがって回帰直線より、捨土地点接近速度 V_B および退出速度 V_S は

$$V_B = 1 / 0.463 = 2.16 \text{ m/sec} = 8 \text{ Km/h}$$

$$V_S = 1 / 0.249 = 4.02 \text{ m/sec} = 15 \text{ Km/h}$$

また、回帰直線における定数項は捨土地点付近での位置選択、発進時、退出時の減速の補正と見られるが、いずれも10～12秒であることから今後の調査において更に詳細な検討をする予定である。所要時間に影響を与える要因としては、前章、積込作業におけるダンプトラックの準備作業時間の場合と全く同様である。

ブルドーザの動作時間は、かきならしおよびかきおこし作業においては前後進とも距離との相関がかなり見られるが、しきならし作業においては1動作あたりの移動距離、捨土の状態等がそれぞれ変化していくため解析が困難であり、今後のデータを含めてもう少しマクロにとらえるべき問題と思われる。

ローラの転圧動作時間は一度に行なう転圧部分(ユニット)が殆んど等しいことから推定は容易である。すなわち平均速度、転圧面積、転圧回数、有効転圧巾、境界部の転圧時間等を用いて十分な精度をもつ推定式が得られる。

あ　と　が　き

本研究は、フィルタイプダムの盛立工事に従事する施工機械の挙動を再現（予測）する機械稼働シミュレータを開発し、機械配置計画策定における機種および組合わせの最適化を計るものである。本報告はシミュレータ開発のために実施した機械稼働調査の結果をとりまとめたものである。この調査結果に基づき、今後、機械稼働シミュレータの開発と、機械配置計画の最適化手法の確立を行う予定である。

最後に、調査に御協力いただいた富山県白岩川ダム工事事務所、農林省東北農政局深田支所、千葉県荒木根ダム工事事務所の職員の方々に心から感謝の意を表するものである。なお、現場調査およびデータ解析の担当は以下のとおりである。

現 場 調 査 白 岩 川 ダ ム

深 田 ダ ム

荒 木 根 ダ ム

デ ー タ 解 析

熊谷 恒一郎、武田 繁、江添 良春
間 三男

熊谷 恒一郎、武田 繁、間 三男
中垣 光弘、金刺 敏朗

熊谷 恒一郎、武田 繁、間 三男
金刺 敏朗、岩井 茂雄、足立 賢一

熊谷 恒一郎、間 三男

フィルタイプダム盛立工事における施工機械の 土木研究所資料第1066号
最適配置に関する研究報告—その1— 昭和50年9月(1975年)
(機械稼働調査)

建設省土木研究所
機械施工部施工研究室

キーワード 施工機械計画, シミュレーション, 動作時間分析, メモーション撮影

要旨

本報告は、フィルタイプダム盛立工事における施工機械の作業内容を把握し、機械配置の最適化を計る目的で実施した機械稼働調査の結果をまとめたものである。



郵便はがき

十円切手
をはって
下さい

2 8 0 - □ □

千葉県千葉市穴川
四丁目十二番五二号
建設省土木研究所
施工研究室
御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所





土木研究所資料第1066号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印

