

ショベル・ダンプの組合せに関する一考察

京都大学工学部 正 員 畠 昭治郎

京都大学大学院 学生員 太田 秀樹

京都大学大学院 学生員 〇荒井 克彦

1. まえがき

現在、土工においてよく用ゐられてゐるショベルとダンプトラックの組合せをとり上げて、その適当な組合せを求める方法について考察した。ショベルとダンプトラックの組合せにおいては、施工計画策定に際して、ショベルの容量、台数は工事条件、工期、経済性等の要求から先に決められるのが普通なので、その組合せを考へる場合、既に求められてゐるショベルの容量、台数に合うダンプトラックの容量、台数を求めることが主要な問題となる。この研究では積み込み作業におけるダンプトラックの待ち時間に注目した。トラック台数がある程度以上増加させても、待ち時間が急増し、投資効果が上らなくなることからである。

2. 解析の方法

図-1のようなモデルを考へ、積み込み作業において、ショベル・ダンプトラックは図のような動作を行うものと仮定した。ここでショベルの積み込み時間は「1すくいの積み込みに要する時間」×「必要すくいの数」を乗じたものに等しいとした。ショベルの1すくいの時間は、ショベル容量、土質等により与へられてゐるものとし、必要すくいの数はショベル容量、ダンプトラック容量から決る。ショベルの1すくいの時間は、おおむね図-2のような分布形を示すが、このような分布をなす理由として、作業時間分布が、一定の作業条件においても発生するばらつきから成る正規分布部分と、事故的性格をもつ指数分布部分をたたみこんだものであると解釈する。以上から、積み込み時間分布は正規分布部分の平均値 m 、標準偏差 σ 、指数分布部分の平均値 $1/\lambda$ 、必要すくいの数 n のグラフで表わせる。一方、種々の作業条件に対して調べた結果、図-3に示すように m 、 σ の関係は、ほぼ一次式で表わせることが分つてゐるので m を決めれば σ は決る。トラックの到着時間間隔は phase が 10 以下のアーラン分布に近いと考えられる。待ちセ理論ではアーラン到着、一般分布サービスの場合の解が未だ求められてゐないので、

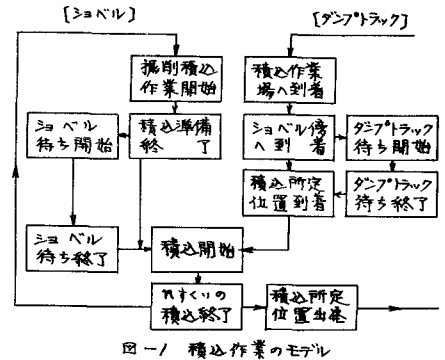


図-1 積み作業のモデル

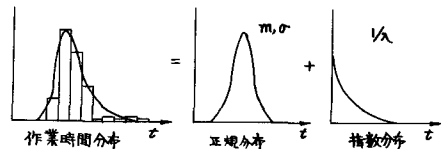


図-2 1すくいの作業時間分布の例

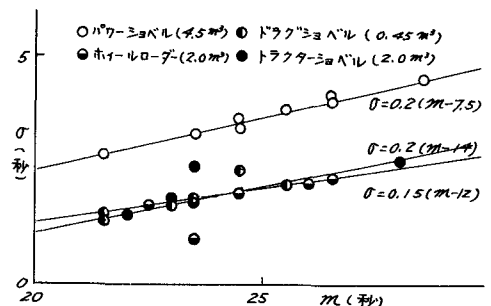


図-3 1すくいの時間分布における m , σ の関係

この場合に対するシミュレーションを行なったが、図-4はショベルが1台の場合の計算方法である。

3. 解析結果

シミュレーションによる結果から、1すくい作業時間分布の指数分布部分の平均値 $1/\lambda$ の大きさとよって、すなわち管理の程度によつてダンプロックの平均待ち時間 W_q がどの程度変化するか分かる。しかし W_q を $m, \sigma, 1/\lambda, n$ で整理することは図があまりに多くなり不便なので、実際の利用を考へて、 $m, \sigma, 1/\lambda$ で表わされる積み込み時間分布をアーラン分布に変換した。この変換方法はあまり正確なものではないが、実際の作業現場における積み込み時間分布では、アーラン分布の phase k_s が30程度よりは大きくなるようであり、この場合平均値 $1/\lambda_s$ が合つていれば k_s 変化の影響はあまり大きくない。従つてアーラン分布への変換方法の不正確さは W_q の精度にほとんど関係ないと考えられる。このことから、 k_s を無視して到着におけるアーラン分布の phase k_a 、平均値 $1/\lambda_a$ 、積み込み時間分布の平均値 $1/\lambda_s$ の3つで W_q を求める図をまとめた。この図の例を図-5に示す。この方法でも図はかなり多くなり、利用しにくいため、 $1/\lambda_a, 1/\lambda_s, k_a, k_s$ から W_q を求める近似式を得ることを検討している。

ショベル・ダンプロックによる掘削運搬の全体のモデルが図-6のようであると考えると単位時間当りの運搬土量 Q/T は(1)式で与えられるので、あるショベル・ダンプロックの組合せに対して、上記の方法で W_q が求められれば(1)式に代入して Q/T が求められる。

$$\frac{Q}{T} = \frac{(1-a_s)(1-a_d)N}{1/\lambda_s + W_q + t_c} \tag{1}$$

Q : 掘削運搬土量, T : 全体の工期, a_s : ショベル故障率, a_d : ダンプロック故障率
 N : ダンプロック台数, t_c : 積み込み位置を出てから戻るまでにトラックが要する時間

このショベル・ダンプロックの組合せに対する費用を別に求めて、 Q/T とその費用との関係から、適当な組合せを選ぶことができる。

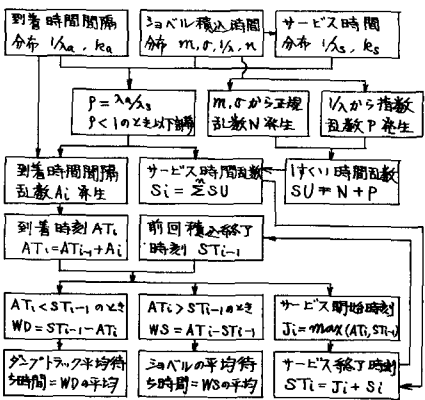


図-4 ショベル1台の場合のシミュレーション方法

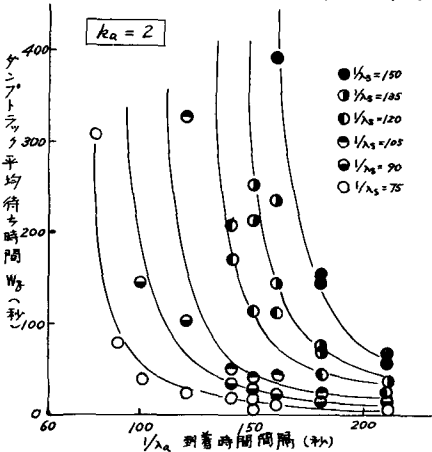


図-5 ショベル1台の場合の W_q を求める図の例



図-6 掘削運搬の全体のモデル図