

大阪碎石工業所

大西好雄

立教大学

○小川康彦

同

松垣省三

1. まえがき 建設に必要な基礎材料である骨材は、河川砂利の規制により、碎石が主流化する傾向にある。中小企業の多い碎石業界は合理化をはかるとともに、産業公害の解決を迫られているが、本報は、1現場を対象として、調査・観測を行ない、骨材の製造過程を明らかにして、これらの問題点を検討したものである。

2. 骨材の製造過程 碎石は、道路用・コンクリート用・道床用バラスト等が主なる商品である。原石が製品となるまでの過程と使用される主要な建設機械は、図-1の如く表わされる。破碎技術は、人力の時代から逐次、機械化してきた。プロセスの合理的な運用のためにには、建設機械の選定と組合せ、そして作業管理が重要である。

3. 原石の採取・運搬の作業解析 原石の採取・運搬におけるダンプトラックとショベルの組合せは、合理化対策の問題のひとつである。剥土・砕破等の先行作業が終了した後の積込・運搬・投入の繰り返し作業は、ダンプトラックの作業の流れをもとにして、図-2の如くなる。記号は作業時間を示す。

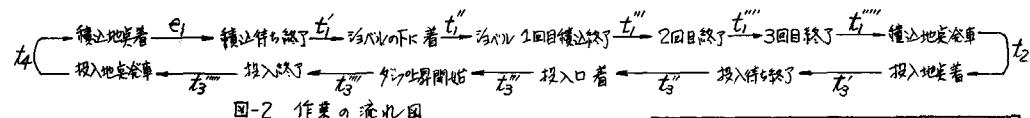


図-2 作業の流れ図

ここで $t_1 = t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6$ を積込作業時間、 t_2 を積載運搬作業時間、 $t_3 = t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8$ を投入作業時間、 t_4 を空車運搬作業時間、

t_5 を積込待ち時間、 t_6 を投入待ち時間と定義する。

ショベルとダンプトラックを組合せた場合のダンプトラックの台数は(1)式によって求められる。Cはショベルの積込時間である。

$$N = 1 + \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{C} \quad \text{--- (1)}$$

待ち時間 t_5 、 t_6 の算定には、待合せ理論を用いることができるが、複雑になると解析は困難である。本報は、図-3に示す工場の現場において、A、B、Cの3箇所で $2m^3$ の小型ショベルで10トン積みダンプに積込する場合と、B地盤では $3.5m^3$ の大型ショベルで15トン積みダンプに積込する場合の、積込待ち時間、投入待ち時間、作業効率等をモンテカルロ・シミュレーションを用いて、比較検討した。なお、投入口では、同時に2台までサービス可能とする。 t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 の作業時間は、近似的に、正規分布に従うものと仮定した。図-4においてμは平均値、σは標準偏差。

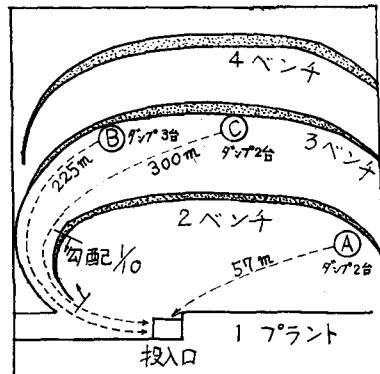


図-3 T工場の原石採取・運搬位置図

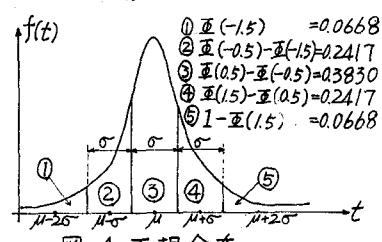


図-4 正規分布

標準偏差 σ の幅で、①, ②, ③, ④, ⑤ の 5 つに分割して、代表値をそれぞれ $\mu-2\sigma$, $\mu-\sigma$, μ , $\mu+\sigma$, $\mu+2\sigma$ として一様乱数を用いて、シミュレーションを行なう。正規分布の確率密度関数 $f(t)$ 、標準正規分布 $g(u)$ 、分布関数 $\Phi(u)$ は次式で示される。

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad \text{--- (2)} \quad g(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}} \quad \text{--- (3)} \quad \Phi(u) = \int_{-\infty}^u g(u) du \quad \text{--- (4)}$$

作業地	t_1	t_2	t_3	t_4	①合計	積込み回数 (回/時間)	作業量 (t/時間)	②平均積出し 待ち時間	③平均投入 待ち時間	平均待機時間 (②+③)	サイクルタイム (①+②+③)	積込み回数 (回/時間)	作業量 (t/時間)	総量
A	149.4	52.2	47.0	41.3	289.9	12.42	124.2	A 2台	7.8	0.6	8.4	298.3	12.07	120.7
	σ	9.4	4.4	3.6	2.4									
B 小	110.8	80.4	44.4	78.9	314.4	11.45	114.5	B×3	26.6	2.2	28.8	343.2	10.49	104.9
	σ	12.5	2.6	0.5	5.3									
B 大	135.7	98.7	66.5	90.1	391.0	9.21	138.2	C 2	4.3	3.2	7.5	375.3	9.59	95.9
	σ	14.4	9.3	9.2	8.2									
C	116.0	105.2	46.8	99.8	367.8	9.79	97.9	A 2台	10.3	0.8	11.1	301.0	11.96	119.6
	σ	16.6	5.8	2.0	6.5									

表-1 作業時間(秒), B 小: 小型の場合, B 大: 大型の場合

- 表-1, 表-2 に示される計算結果より次のことがわかる。
 ① 待ちは、おもに 積込時に生じる。
 ② I, II とも待ち時間はほぼ同じである。
 ③ 大型機械の導入によって約 70t/時 の増加がある。

なお、1日を通しての観測によれば、作業効率は時間の経過とともに、低下する傾向にある。原因として、①オペレーターの疲労、②中間サージビンの容量、③破碎機械の故障が考えられる。

4. 破碎における問題点 図-5 に破碎のフローリートを示す。建設に当り、留意しなければ、大容量であり、多種目とするため、大型機械を採用し、中間サージ及び製品貯蔵容量を、十分に確保して、集中制御方式を探ることである。

5. 作業管理および品質管理 図-6 に示す如く、工程の各段階において、作業管理と品質管理が行われており、プラントの合理化、安全管理を実施するには、総合的管理手法の確立が必要である。

6.まとめ 製造過程における産業公害は、砕破・破碎時の騒音問題、破碎時の粉じん問題、汚泥処理問題、出荷時の輸送による交通公害などと考えられる。工場内労働者にとっても、粉じん・騒音などの労働環境の改善が必要であろう。また、作業の機械化に伴う単調作業の改善も問題のひとつである。本報では碎石系をシステム的に捕える一手法を示したが、さらに研究をすすめて、総合的管理運用の確立を望まれる。

表-2 A, B, C を組合せた場合の作業時間および作業量

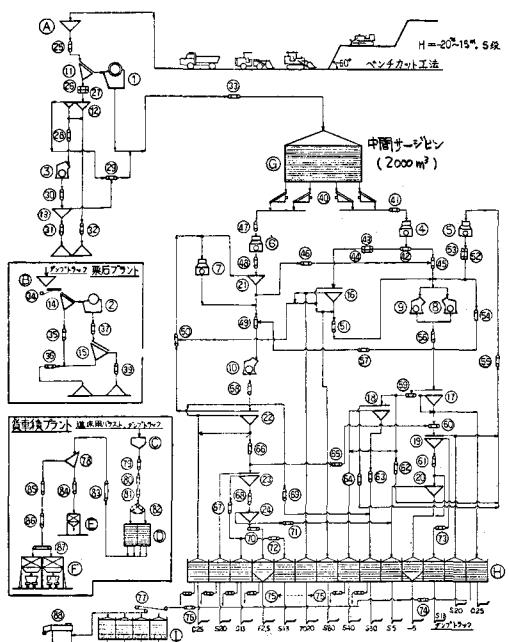


図-5 破碎のフローリート

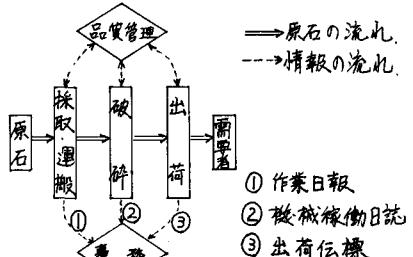


図-6 作業管理情報の流れ図