

京都大学 工学部 正員 富 昭治郎

京都大学 工学部 正員 太田 秀樹

日本国有鉄道 正員 橋本 恒郎

京都大学 工学部 学生員 ○中 垣 敏 春

1. まえがき

本研究は、各種作業の実測作業時間分布によく適合する理論分布として、正規・指数・確率的に発生される指数のたたみ込み分布を提案し、この理論分布を使って、適合実施例を数多く積み重ねることにより、各種作業条件と作業時間分布との相関性を求めることを目的としている。

2. 理論分布の提案

実測作業時間分布は図-2にもあるように、立ち上がりが鋭く、モードが平均値よりも左側にあり、右側に低い度数で尾を引いたり、とびはなれて大きな時間に数個の度数があらわれたりする。

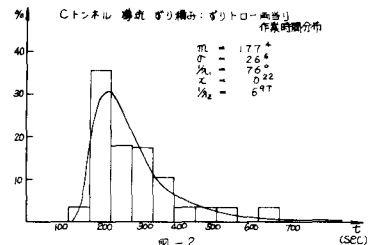
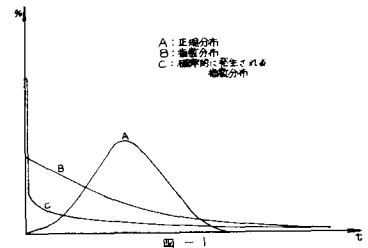
また、各種作業時間を実測するにあたって、作業条件の均一性がえられにくく、たとえ均一性がえられるとしても、実測された作業時間分布がその作業のもつ真の作業時間分布と近似的に等しいとみなしうるまで数多く測定するには、多大な労力と時間が必要である。このような理由から、正確な実測作業時間分布はえがたいものである。

次に、これらを考慮に入れて、実測作業時間分布に適合させる理論分布として、図-1のような平均値 m 、分散 σ^2 の正規分布、平均値 $1/\lambda_1$ の指数分布の2つの分布をたたま込んでえられる分布を、発生確率 α で発生される平均値 $1/\lambda_2$ の指数分布〔以下確率指数分布とする〕で修正してえられる理論分布を提案する。そうすると、図-2のようによく適合することがわかった。

また、実測作業時間分布〔平均値 M_1 、分散 V_1 〕から事故などによる大きなロス時間をほびいてえられる分布（平均値 M_2 、分散 V_2 ）〔以下修正実測作業時間分布とする〕は正規・指数のたたみ込み分布によく適合する。このことから確率指数分布部分は事故などによる大きなロス時間を表現していると考えられる。そのうえ、同種の作業を異なる作業条件のもとでおこなうと、正規分布部分はほぼ等しくて指数分布部分だけが異なる。このことから正規分布部分は作業に基本的に必要な作業時間（標準作業時間）を表現していて、指数分布部分は操作ミスなどによる小規模なロス時間を表現していると考えられる。

3. 理論分布のパラメータ決定方法

実測作業時間分布と正規・指数・確率指数のたたみ込み分布の平均値、分散の関係式は次の通りで



ある。

$$\left. \begin{aligned} M_2 &= m + 1/\lambda_1 \\ (V_2)^2 &= \sigma^2 + (1/\lambda_1)^2 \end{aligned} \right\} (1)$$

$$\left. \begin{aligned} M_1 - M_2 &= x \cdot 1/\lambda_2 \\ (V_1)^2 - (V_2)^2 &= (1/\lambda_2)^2 (2x - x^2) \end{aligned} \right\} (2)$$

この(1)式において、変数が $m, \sigma, 1/\lambda_1$ の3個で、関係式が2つしかないから、これらの関係式からだけでは $m, \sigma, 1/\lambda_1$ の変数は決定されない。

そこで本研究においては、3個の変数 $m, \sigma, 1/\lambda_1$ を、修正実測作業時間分布の平均値 M_2 で割ってえられる $\frac{m}{M_2} = \frac{m}{m+1/\lambda_1}$, $\frac{\sigma}{M_2} = \frac{\sigma}{m+1/\lambda_1}$, $\frac{1/\lambda_1}{M_2} = \frac{1/\lambda_1}{m+1/\lambda_1}$ を新しい変数として考えるとともに、 $A = \frac{1/\lambda_1}{M_2} = \frac{1/\lambda_1}{m+1/\lambda_1}$, $B = \frac{\sigma}{m}$ の2個の指標を用いる。そうするとこれら3個の変数は $\frac{m}{M_2} = 1-A$, $\frac{\sigma}{M_2} = B(1-A)$, $\frac{1/\lambda_1}{M_2} = A$ ただし $\begin{cases} 0 \leq A \leq 1 \\ 0 \leq B \end{cases}$

と書きなおすことができる。よってこれら2個の指標 A, B を変化させることによってえられる理論分布を修正実測作業時間分布に適合させると、 $m, \sigma, 1/\lambda_1$ が決定される。

また、このようにして実測作業時間分布を分離・適合させると、多くの作業において指標 A が $0.0 \sim 0.5$, B が $0.1 \sim 0.3$ (図-3参照) の間に大体おさまる。ゆえに適合性を検討する理論分布の数をはきめて少なくするのみ、非常に簡単に適合させることができた。

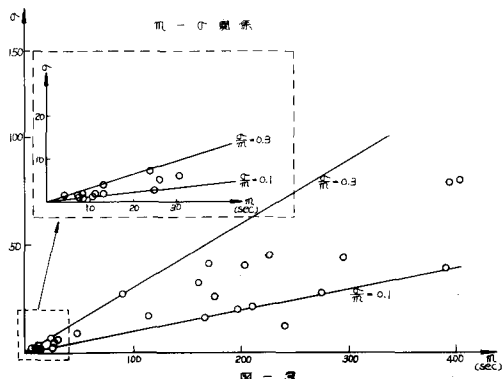
4. 実測作業時間分布の理論分布への適合例

以上のような方法で、店殿導坑先進上部半断面工法によるトンネル掘削作業のうち、数多くの作業時間と比較的に容易に測定できる6種類の作業の実測作業時間分布を、4つの現場について分離・適合させた。

その結果が表-1である。

5. あとがき

今後、トンネル掘削作業で作業単位のより大きな作業、ダム工事の土取り場における作業などについて、同様にして実測作業時間分布を分離・適合させ、作業条件と適合結果との相関性を求めていくつもりである。



作業種別	作業箇所	実測時刻	M ₁	V ₁	M ₂	V ₂	m	σ	1/λ ₁	1/λ ₂	χ ² /n	χ	1/λ ₂
掘り削り （トンネル）	Aトンネル掘削	RS45A	17.7	7.0	17.7	7.0	10.6	1.1	7.0	0	0	0	0
	B "	"	10.8	4.0	10.8	4.0	7.2	1.0	3.7	0	0	0	0
	C "	"	11.3	4.3	11.3	4.3	7.4	1.0	3.4	0	0	0	0
	D "	"	11.3	4.3	11.3	4.3	8.3	0.8	3.3	0	0	0	0
掘り削り （トンネル）	Aトンネル上	TE682A	29.3	37.8	23.3	12.7	11.7	1.1	11.7	6.2	35.8	0.06	0.42
	B "	"	25.3	25.3	25.3	12.9	1.8	12.9	0	0	0	0	0
	C "	"	49.4	38.7	49.4	38.7	25.0	2.5	25.0	0	0	0	0
	D "	"	49.4	38.7	49.4	38.7	25.0	2.5	25.0	0	0	0	0
掘り削り （トンネル）	Aトンネル上	6.4	232.8	69.7	225.8	39.4	203.2	40.6	22.6	12.3	57.4	0.04	1.73
	B "	"	244.7	209.8	301.7	74.1	210.8	21.1	40.3	43.6	19.6	0.04	4.10
	C "	"	285.3	119.6	253.4	76.6	177.4	26.6	76.6	31.9	9.1	0.22	6.47
	D "	"	426.4	328.7	345.5	103.3	241.5	12.1	103.3	81.4	311.7	0.13	16.38
掘り削り （トンネル）	Aトンネル上	6.4	179.4	99.8	151.2	60.8	90.7	27.2	60.3	28.2	78.3	0.23	6.48
	B "	"	65.2	26.5	65.2	26.5	39.5	39.2	26.1	0	0	0	0
	C "	"	475.3	413.6	323.1	110.6	226.7	45.4	97.2	151.4	398.7	0.35	38.2
	D "	"	475.3	413.6	323.1	110.6	226.7	45.4	97.2	151.4	398.7	0.35	38.2
掘削 （光面掘削）	Aトンネル上	7-4	306.5	37.5	306.5	37.5	275.4	27.5	30.6	0	0	0	0
	B "	7-4	291.0	59.6	295.0	59.6	295.0	44.3	0	0	0	0	0
	C "	7-4	165.0	46.5	161.0	46.5	112.7	16.9	48.3	0	0	0	0
	D "	7-4	287.0	89.3	283.0	78.0	198.1	19.8	84.9	4.0	4.3	0.02	0.07
掘削 （光面掘削）	Aトンネル上	7-4	270.7	78.0	270.7	78.0	162.4	32.5	10.8	0	0	0	0
	B "	7-4	165.2	51.3	165.2	51.3	165.2	41.3	0	0	0	0	0
	C "	7-4	233.2	74.4	233.2	74.4	163.2	16.3	70.0	0	0	0	0
	D "	7-4	233.2	74.4	233.2	74.4	163.2	16.3	70.0	0	0	0	0
掘削 （光面掘削）	Aトンネル上	7-4	53.2	22.4	51.4	18.6	30.8	6.2	20.6	1.8	13.3	0.03	0.06
	B "	7-4	15.8	8.6	14.4	5.6	13.0	3.9	14.4	6.5	0.04	0.12	0.12
	C "	7-4	18.2	26.8	12.0	5.6	7.2	1.4	4.8	6.2	26.2	0.11	0.66
	D "	7-4	46.5	44.3	43.4	21.1	26.3	5.8	17.6	2.6	39.0	0.07	0.02
掘削 （光面掘削）	Aトンネル上	7-4	40.3	21.2	40.3	21.2	24.2	7.3	16.1	0	0	0	0
	B "	7-4	70.7	69.4	52.4	15.7	47.2	9.4	5.2	18.3	68.1	0.13	2.47
	C "	7-4	16.2	22.8	16.2	22.8	4.1	1.6	12.2	0	0	0	0
	D "	7-4	16.2	22.8	16.2	22.8	4.1	1.6	12.2	0	0	0	0
掘削 （光面掘削）	Aトンネル上	6.4	508.7	98.7	496.2	84.7	397.0	79.4	99.2	12.1	50.7	0.11	1.30
	B "	"	449.4	86.0	449.4	86.0	404.5	80.9	44.9	0	0	0	0
	C "	"	624.5	173.0	619.7	105.2	495.8	29.8	123.9	4.8	137.3	0.002	0.02
	D "	"	669.0	262.0	616.9	123.2	555.2	111.0	61.7	54.1	23.1	0.10	1.61

表 - 1 計算結果 (単位 sec)