

京都大学工学部 正員 ○畠 昭治郎
 学生員 太田秀樹

1. はしがき

本研究の目的は、トンネル施工における切羽での掘削作業に要する時間の分布形を検討することにより、施工法の評価の基準を設けようと試みたもので、これによって、新しい施工法の開発、採用すべき施工法の決定などのための資料と求めようとするものであるが、この研究は諸君にたいはなかりであり、不十分の点が多々あることと考えられる。大方の批判を仰ぎながら研究を進めていきたいと思うものである。

2. 切羽における掘削作業時間分布の検討

切羽におけるせん孔・爆破・ずり落・支保工建込みを主とする諸作業の所要時間の分布形を、多くのトンネルについて比較・検討することにより、それらの特性を把握し、さらに個々の現場における該作業の長所・短所を明確に指摘することが出来る。

それらの分布形の特性は、一般につぎの2つに大別できる(図-1(a),(b)と図1(c),(d))。

1) 作業条件によってはしなくてもよいもの〔図-1(a)〕および、他の作業と併行して行なうことのできるもの〔図1(b)〕。

この分布形をもつものは、施工法の改良により、(b)から(a)へ、さらに完全に0にもってゆくことも可能である。

2) もっとも普通にあらわれる分布形は 図-1(d) のことである。これは正規分布(c)と前述の(a)または(b)との合成されたものと考えることが出来る。

3. 作業時間分布の推定

過去の資料により、作業時間分布形は 図-1 のようにあらわされるが、実際問題としては、作業前にその時間分布を推定しなくてはならない。このため、一つの作業をこまかく分析して、それぞれの要素に分解し、その作業要素に要する時間分布を過去の資料より知ることにによって、異なる作業条件下におけるその作業の所要時間分布を、半解析的にシミュレーションによって計算する。

4. 貫通所要日数の確率分布形の推定

2および3の方法を併用することにより、新しいトンネルを掘削する場合、その予想地質および仮定した施工法・投入機械にあわせて、切羽での諸作業に要する時間分布を推定することが出来る。これから、合弁形に乱数を対応させたモンテ・カルロ法により、1サイクルの所要時間分布を計算し、次のようにして、貫通所要日数の確率分布形を求める。

$$f = \int_0^{\infty} f_n(x) \cdot g(n) \cdot dn \quad \text{----- (1)}$$

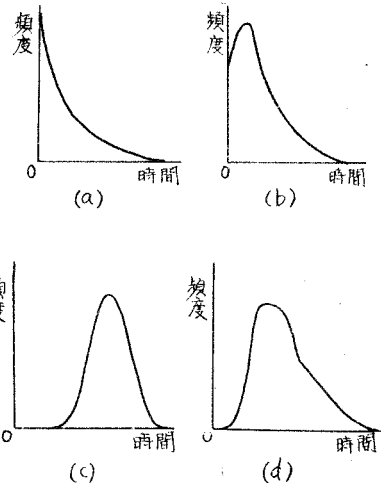


図-1 時間分布形

ここで、 $g(x)$ は 1m 掘削に要する発破回数の分布、 $f_n(t)$ は n サイクルの所要作業時間分布である。

また、施工はならびに機械設備の経済性評価のための関数として次式を用いる。

$$E = \int_0^{\infty} g(t) f(t) dt \quad \text{----- (2)}$$

ここで、

$g(t)$ はその施工法・機械設備に対する、費用-工事日数曲線であるが、簡単な場合には ct とおくことができる。ただし、 c は工期一日あたりの一定支出である。 $f(t)$ は (1) 式の値を用いる。

つぎに、仮定した工法、機械設備を用いたときの、工期に対する安全率は

$$F = \int_0^{\infty} (T-t) f(t) dt \quad \text{----- (3)}$$

で与えられる。ここで T は与えられた工期とする。

5. 施工計画ならびに施工管理

前節で述べた方法により、図-2 のような工程表を作成する。区間 I, II, III はそれぞれ作業条件が異なり、分布形を異にする。実線は期待値、実線は許容ラインであり、確率分布の何%の位置をとるか、施工の緊急度、安全率などによって決めるべきである。またこの方法で、

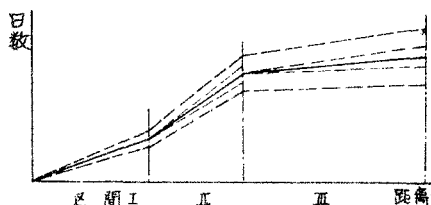


図-2 工程計画

1) 与えられた施工条件・工法・機械設備のもとで、最適な管理のもとで達成しうる最大限を合理的に示すことができる。

2) 両端から掘削する場合、貫通点における両者の期待値が一致するとともに、両者の許容ラインも一致するように、両方の設備をバランスさせることができ、全体としての均衡が合理的に保たれる。

3) 工程計画に合理的な余裕を与えることができる。

つぎに、工程管理に関しては、図-3 のごとき工程管理図を作成し（実線は期待値、実線は許容ライン）、毎回のサイクル所要時間が許容ライン外に連続して出るようなときには、至急その原因を検討する。これによって、施工上の長所・短所も発見することができる。新しい工夫を加えた場合にはその効果を確かめることができる。

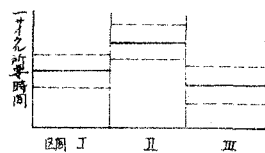


図-3 工程管理

6. あとがき

以上、トンネル施工の合理化について、過去の資料、ならびに現場の実測データにより、解析を試みたが、これを実用化するためには、なお多くの研究部門が残されている。また、このためには、多くの正確なデータが必要であるから、より詳細な、とくに作業条件を正確にくわしく記した、現場資料を整えて頂くことを切望する次第である。おわりに、本研究に終始協力頂いた、国鉄信濃川工事局の諸氏に感謝の意を表するものである。