

トンネル施工における運搬系に関する研究

京都大学工学部 正 員 畠 昭治郎

同 学生員 〇田中 軍治

1. 本研究の目的 施工は種々の自然条件に対する施工者のレスポンスであり、一つの施工は自然条件の性格とそれにレスポンスするために用いる手段の性格との複雑な相剋によってその性格を形成している。トンネル施工を巧に行うためには、トンネル土圧や湧水のメカニズムなどの自然条件の性格を知る必要がある。と同時に、機種を選定、作業箇所の間隔的な配置などの施工手段の基本的な性格を知らなくてはならない。すなわちある施工手段を講ずれば、それか各作業に、ひいてはトンネル工事全体のプロジェクトにどのような影響を持つかを知らなくてはならない。本研究においては、施工手段の基本的な性格の究明を行い、合理的なトンネル施工への第一歩とすることと目的としている。

2. シミュレーションの意義 トンネルの施工手段の基本的な性格を把握するために今日までに用いられた唯一の手法は、長年の経験と数多くの工事の観察より生れる混然一体となった知識の中から帰納的に判断していくことである。他方、施工手段の基本的な性格を解析的に求めることも考えられるが、それに関係する要素が余りにも多いからほとんど不可能である。この問題を解決するために本研究では電子計算機を用いて模擬施工、いわゆるシミュレーションを行った。すなわち施工手段の要素を種々に変えて数多くの工事を計算機の中できわめて短時間に行わせた。シミュレーションを行うことによって、現場の人々が持っている混然となった知識、判断の基準を整理しなおして、施工手段の基本的な性格に関する経験式を得ることが出来る。

3. 本研究の要約 シミュレーションを行うには、作業時間がもつ一般的特性を把握する必要がある。筆者らはまず数多くの実測データにもとづいて、作業時間の一般的特性の解析を行った。つぎにこの基礎的知識をもとにして、施工手段の要素を変えることによって、トロの運行状態の変化を知ることのできるシミュレーションモデルを作成した。このモデルを用いた理由は、トンネル内の各作業箇所ではバラバラに作業を行っているが、ズリの搬出、機材、コンクリートの搬入などが各作業を決定的に支配するのは、唯一の運搬系であるトロであるからである。この運搬系に関するシミュレーションを媒介にして施工手段の基本的な性格を考究した。

4-1. 作業時間の一般的特性 トンネル工事においては、ほぼ同一の設備、地山で作業を行う場合でも作業条件は刻々変化するが、作業時間は潜在的にある確率分布となすと考えられる。すなわち、ある作業を繰返し行えば、作業時間の標本分布は母集団の確率分布に収束すると考えられる。この場合の作業条件を次の二種類に分類する。(1)空間的、時間的に多少の変動はあるが、ある状態と中心に分散するもの作業条件。(2)ある時間间隔で次々と生起して、作業の障害となる事故的な性格を有する作業条件。前者の作業条件の下で作業を行えば、作業時間は図-1のようにある値のまわりに対称に分布する。これを正規分布と仮定する。後者の作業条件によって長い作業時間は図-2のように分布し、

これを指数分布と仮定する。
これらの分布型は適当にその正しさを証明することでは
ないが、過去の多くの例から帰納的にその正しさを認
めうる。したがって、実際の作業時間の分布は、正規分布

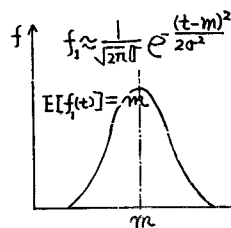


図-1

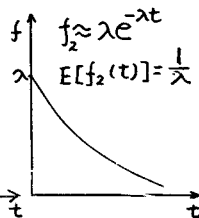


図-2

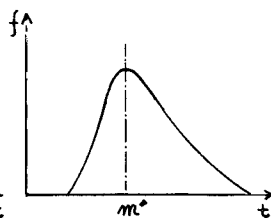


図-3

と指数分布からそれぞれランダムに抽出した時間の和を示す図-3のような確率分布と
考えらる。筆者らは m, σ, λ を作業時間の特性値と考え、作業時間とこの特性値を
用いて表現しようものとする。

4-2. 作業時間の抽出

る。したがって、シミュレーションモデルに組み込む作業時間はこのようなもので
なくてはならない。作業時間抽出のプロセスを図示すると図-4のようになる。

このようなプロセスに従って毎回作業時間を抽出する

ことによって、実際の現場に近い作業状態を再現することかできる。

作業時間は上述の確率分布に従って毎回変化するものである

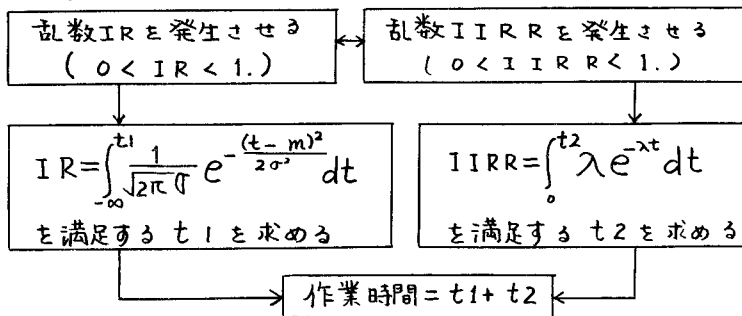


図-4

5. シミュレーションモデルの作成

トンネル工事における運搬系を最初から一度にシミュレートすることは非常に困難であるから、次の3段階に分けて考えるべきである。
(1) 導坑のみを有する場合、(2) 導坑上半を有する場合、(3) 導坑上半と平返しとを有する場合。
本研究においては第一段階として「全区間複線、導坑のみ」の場合に関するシミュレーションモデルを作成した。このモデルの基本的な条件は次のとおりである。(1) 車頭間隔が一定値以下になると後方のトロは止まらなくてはならない。(2) 坑口に到着したトロはスリずてか終るまで静止している。(3) 切端に到着したトロはスリ積みか終るまで静止している。
(4) (1)(2)(3)以外のときは時刻 $T \sim (T+1)$ の間にトロは V メートルだけ前進する。一定の期間、これらの条件に従って、トロを単位時間ごとに移動させて、トロが坑口に到着した時刻、切端に到着した時刻、切端の位置、到着順位などを代表的な値をタイフアウトさせた。

6. 施工手段の基本的性格の考察へのアプローチ

上述のモデルを用いて、作業の進捗よく状況に最も大きな影響を持つ要素として「坑口から切端までの距離」「トロの台数」を考え、これらの値を変化させてトンネル工事の進捗よく状況がいかに変化するかについて、研究中である。これらの影響を簡単な経験式で表現すると、より複雑な以後のシミュレーションの計算の数を大きく減らしうる。これらの結果については当日発表する。