

京都大学大学院 学生員 梶谷幸生

京都大学工学部 正 員 吉川和広

京都大学工学部 正 員 春名 攻

1. はじめに 本研究では、地下鉄工事における掘削-仮設作業工程の計画に着目し、GPS Sを用いた掘削-仮設作業工程のシミュレーションモデルを作成し、実際の地下鉄工事を対象にして、投入資源の規模と量や施工順序の組合せを種々想定してシミュレーションを行なった。そしてその結果に対して経済性や迅速性の観点から分析を加えることにより、計画対象である投入資源の規模や量その他の決定のための有効な情報を得る方法について考察した。

2. 掘削-仮設作業工程における計画問題 従来、地下鉄工事の掘削-仮設作業工程は、工事全体において占める時間が大きいので、費用や時間やその他の物理的側面での全体工程への影響は大きいと考えられる。したがって、この工程の計画方法は早急に確立しなければならない。このためには具体的に、①機械系をはじめとする投入資源の規模と作業所要時間、所要費用との関係。②物理的に実行可能な計画であることの検討。などを追求していく必要がある。①の規模としては、機種、台数などの組合せがあげられる。また、施工順序を変化させる場合のセット数や次項で述べる切梁、矢板工事を含めて掘削を安全に行なうために設定するユニットの規模などが考えられる。一方、工事管理という側面より②に示すように、事前にその計画内容と実行可能性という点から検討しておく必要もある。

3. 掘削-仮設作業工程のモデル化 作業内容は、ブルドーザによる掘削、クラムシエルによる掘削済エのダンブトラックへの積み込み、ダンブトラックによる捨土という一連の作業をサイフリップに繰返す。モデル化に当たって、まず、掘削対象地域を図-1に示すようなメッシュに区切る。このうち地表面からモデル地盤上部までは、他の機械や手掘りによるので対象からはずしている。これには構造物工の1単位としてのブロックと切梁、矢板作業を含めて掘削を安全に行なうための1単位としての段と考えている。掘削順序はこのメッシュによって規定されるユニットに対して与えられる。次に、シミュレーションの1単位として、ダンブトラック1台分に相当する土量(7 m^3)を採用した。この1単位をGPS Sシミュレーションにおけるトランザクション(Trn)とするが、このTrnが属するユニットの順序に従って、順次、掘削→積み込み→捨土というプロセスを経て消滅していく。そしてそのTrnの位置により矢板作業や切梁作業が必要であるという指示をうけて、矢板、切梁作業を実施する。一方、掘削の実行可能性という点から、矢板、切梁の各作業中での掘削可能性の検討や、隣接する機械系間での段差の判定などもTrnの位置関係により判定する。また、シミュレーションは第1段階として1機械系の場合に対して行ない、第2段階として、機械系は複数(2, 3, 4のいずれか)とするが、作業は初めから終わりまで連続作業と仮定した場合とし、第3段階としては、第2段階と異なり1日の作業時間を8時間とし、それが終了すると次の日まで休むという、より現実に近い場合に対してシミュレーションを行なったものである。紙面の関係上、GPS Sによるシミュレーションプログラムをすべて示すことはできないので、1機械系のクラムシエルによるダンブトラックへの積み込み作業の部分を図-2に、また、上記の第3段階において、1日の作業時間が8時間を越えると、次の日まで休ませるという時間の制約機構の部分を図-3に示すことにする。

4. シミュレーションの実施内容と結果の考察 先述したように、モデルのパラメータのうち①投入トラック台数②クラムシエルの能力③投入機械系のセット数④掘削順序⑤ユニットの規模⑥クラムシエルのサービス時間を考え得る範囲で変化させてシミュレーションを実施した。このうち③の場合では、各機械系の分担ブロックを変化させることに伴い、結果的にユニットの掘削順序も変化するが、掘削順序を決定する基本的な考え方は掘

削順序を決定するある規則性)は変わらない。すなわち、パターンは同じなので、種々のパターンに従って掘削順序を変化させていく意味で④と設けた。また⑤のユニットの規模については、切梁仮設の予定位置が丁度、上下関係にあるユニット同士の境界に位置するようにモデルを設定するようにしているから、ユニットの規模を変更するに際しては、この切梁仮設予定位置が、もとほとんど変わらないように注意しなければならない。シミュレーション結果の一部を整理したものを図-4、図-5に示す。図-4は、投入トラップ台数と所要時間(作業日数)の関係、図-5は投入トラップ台数と所要費用の関係と、想定した投入セット数やフレームの能力、あるいは前項で述べた各段階(ただし第1段階は除く)などについて、それぞれとりまとめたものである。さて、これらの結果にもとづいて掘削-仮設作業工程の計画を検討するのに、2つの立場が考えられる。1つは現在行なわれているように、作業期間が全体工程レベルから先決されている場合である。この場合は実行可能と考えられる範囲で、たとえば、最小費用を与える規模と組合せを採用するというように他の作業工程とは独立して、この掘削-仮設作業工程に都合のよいように計画内容を決定すればよい場合が多い。もう一方は、全体工程レベルでの検討をこの作業工程に対して行なうという立場である。この場合、本シミュレーションにより求めた作業期間や所要費用などは、全体計画の評価尺度構成のための重要な素材であるといえる。その他、可能な工程情報はすべてアウトプットされる。

最後に、第2段階と第3段階のシミュレーション結果を比較すると、どのケース(同じ機械系で各機械系の分担ブロックが等しく、投入トラップ台数が等しい場合)についても、第3段階の方が第2段階よりも、作業所要時間は短く、しかも費用が安くになっている。これは、ある1日の作業が終了し、次の日に相当する作業が開始されるたびに、投入したダンプトラックがすべて現場に戻り、しかも午後5時に相当する時刻になっても、その時点でサービスを受けているTrnに限り、サービスを受け終わる時刻になるまでは、作業を続行させることを認めていることによる。

紙面の関係上、分析や考察の多くの部分を割愛したが、これらについては講演時により具体的に詳しく説明することにする。

