

力学的安全性を考慮した掘削工程計画の方法に関する一考察

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

京都大学大学院 学生員 船越 敦

1.はじめに——近年、土木工事における施工条件や施工環境の複雑化・悪化に起因して、工事の施工精度の厳密さ、施工上の安全性、資材・機材の運用の合理化等の要請が大きくなってきている。これらを満たすためには、工事の着手前に原価・工程・品質・安全性等の施工要素を定量的に把握・検討するとともに実行可能性の高い合目的な施工計画を作成する必要がある。しかしながら、従来施工計画を作成する際に力学的安全性を施工計画との関連のもとで総合的に考慮することは少なく、施工上の安全性を考慮した資材・機材の有効利用に關しての厳密な検討がなされることは殆んどなかった。本研究では地下鉄掘削工事の掘削工事を対象としてとりあげ、力学的安全性を考慮した掘削工程計画(スケジュール)を作成する方法に関する研究を行ない、施工の安全性を保証することのできる工程計画の作成のための計画情報を求める方法を提案することにする。

2.掘削工程の位置づけ——開削工法による地下鉄工事では、その全体工程の大部分が掘削工程とそれに続く構築工程によって占められている。構築工事は基礎底面まで掘削完了した部分から順次施工されていくので、両者の工程は施工単位や施工順序、さらには工程のスケジュールにおいても直接的に密接な関係を有しており掘削工程は地下鉄工事において重要な位置を占めている。したがって掘削工事の良否は全体工事に大きく左右するものと考えられる。現在の工事計画の方法では構築工程の計画を先行的に作成するという方法がとられているが、このような方法では後続工

事となる構築工事から数付けの着工順位という制約を受けることとなる。つまり数付けの順位の早い施工ブロックの掘削を早急に完結しておく必要があることとなる。さらに、現場では早急に基礎底面まで掘削完了することによって掘削対象地盤の概略的状態が明らかにすることができ、以後の工事施工に対して安心感を持って望めるという利点がある。また掘削工程と構築工程との時間的重複部分が大きいほど時間的余裕が大きくなるので構築工程における仮設材の転用の合理化を図ることができるという利点もある。ここでは以上のような諸点を勘案しつつ力学的安定性を配慮した掘削工程の計画の方法についての考察に関して述べることにする。さて従来の掘削作業では切梁・支保工作業の制約を強く受け、その直下の地盤に対しては掘削を行なわなかった。しかし現実には掘削対象地盤の土質性状によって掘削可能な場合が存在すると考えられるので、ここでは各施工ブロックの土質性状によって土留め工や切梁・支保工における力学的安定性を検討して掘削可能領域を定め、いくという方法に着目する。

3.工程計画問題の分析モデルの概要——本研究では分析対象として大阪における地下鉄の掘削工事をとりあげて実証的な考察を行うこととする。

さて、本分析ではまず掘削対象地盤を図-1のように分割する。

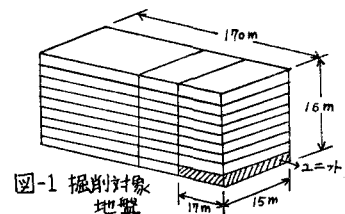


図-1 掘削対象地盤

YOSHIKAWA KAZUHIRO, HARUNA MAMORU, FUNAKOSHI ATSUSHI

すなわち、掘削単位として長さ方向には後続の構築工事のブロック分割の長さを、深さ方向には切梁位置の2分の1の長さとし、ユニットを設置した。以後においは施工技術上かノ施工管理上の制約条件を満足するようにユニットを掘削していくための望ましい計画を作成することが計画問題の課題となる。図-2は掘削工程計画を作成するためのシミュレーションプログラムのフロー図である。ここでは掘削対象地盤の土質性状は土質調査段階の土質柱状図を用いることとし、湿地用ドリーパーシヤベル(0.3m)1台と土砂を集め、クラムシヤベル(0.6m)1台と排土するというシステムを想定する。さらに排土した土砂はダンプトラックで運搬先まで搬出することとする。また掘削工事と併行して行なわれる土留め工や切梁・支保工の各作業はつぎのように取扱うこととする。すなわち土留め工は各ユニットの日々の掘削作業の中で処理するものとしてモデル内では明示することと省略し、切梁・支保工はユニット掘削の制約条件として考えてスケジュール計算からの出力として処理しないこととする。

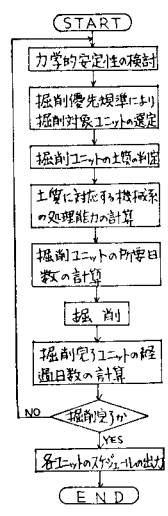


図-2 解析のフロー図

め工や切梁・支保工の各作業はつぎのように取扱うこととする。すなわち土留め工は各ユニットの日々の掘削作業の中で処理するものとしてモデル内では明示することと省略し、切梁・支保工はユニット掘削の制約条件として考えてスケジュール計算からの出力として処理しないこととする。

つぎに力学的安定性の検討事項について述べることにする。ここでは掘削可能なユニットを選定する場合に、切梁・支保工の作業を併行してその直下のユニットを掘削することについて検討する。その場合の掘削方法は図-3のように切梁・支保工の作業の足場を

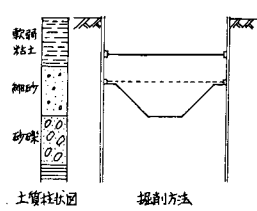


図-3

確保しつつ掘削していくものとする。この時の土留め工や切梁・支保工および地盤の力学的安定性を有限要素法を用いて解析することとする。工程全般を通じて同一の土留め工や切梁・支保工を用いるとすれば、各ユニットの掘削対象ユニットの掘削対象地盤の土質性状によって安定性が異なることも考慮に入れることが可能となる。すなわち施工ブロックごとに図-3のような地盤状態の安定解析を行ない各施工ブロックの切梁直下のユニットの掘削の可能性と安全性について評価することによって分析情報を求め、これを工程計画問題の分析のためのシミュレーションモデルの中に制約条件として組み込んだ。ここで対象とした掘削対象地盤については、深さ方向の土質性状が各施工ブロックを通じて一様と見なすことができるとここでは前述の土質柱状図を用いて解析を進めた。この解析結果の一例を図-4に示したが、断面の関係上ここではその他を省略し、講演時に結果の具体的内容と考察について述べることにする。

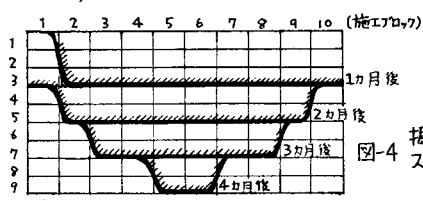


図-4 掘削工程のスケジュール例

おわりに —— 本研究においては力学的安全性を考慮した掘削工程計画の作成の問題をとりあげたが、力学的安全性という面から見ても実行可能な掘削工程の計画の作成していくことによって施工の合理化をより一層促進することができると考える。さらに今後の研究においては工事の施工中においても逐次現場計画を行ない分析を加え、その情報にしたがって後続の作業に対する工程計画を作成する方法も考えていく必要があると考える。