

立命館大学理工学部 正 員 春名 攻

立命館大学理工学部 学生員 ○原田 満

1. はじめに

近年の建設業をとりまく社会情勢の急激な変化にともない、工事施工の環境・条件は厳しさを増すばかりである。工事施工にあたっては、従来にもまして総合的かつ体系的な事前検討を行なうことが必要である。また、建設工事は、概略的な全体計画から詳細部を明確にしていくブレークダウンの流れにより計画化される過程を持ち、工事計画の中核的存在である工程計画においても、概略工程計画が詳細工程のフレームとして位置づけられている。

本研究においては、概略工程計画の処理プロセスの確立と座標式工程表を用いた支援情報システムの開発を行なうこととした。

2. 本研究のアプローチ

これまでに多くの概略工程計画システムを扱った研究事例が存在しているが、工事の計画にあたっては意志決定に技術者の経験や勘が必要とされることが多く、なかなか効果的な目標達成がなされていないのが現状である。これは、人的判断の必要な処理まで自動化しようとしたことが原因であると考えられ、無理にコンピューターに最適解を探索させるよりも、技術者の経験即を用いた方が柔軟性があり、結果的に効率的であるものと判断できる。

そこで本研究においては、「判断・実行などの人為的な作業にかかわる業務的機能群」と、「情報の収集・加工・伝達などの情報操作機能を中心に捉えるほうが妥当であると考えられる業務的機能群」の2つに分けてシステム化をはかる必要があると考え、計画者の意志決定をサポートするシステムの開発を行なうこととした。そして、試行錯誤的にも複数の施工パターンを計画者が想定してシミュレーションを行ない、代替案方式で評価を行なうヒューリスティックな計画法を採用することにした。

また、ブレークダウンによる工程計画方法は、多くの不確定要素を残したまま上位レベルの計画を行なうため、非常に粗い検討結果となってしまう危険

性がある。概略工程をその後の詳細工程のフレームとして位置づけるためには、概略的検討でありながらも精度の高い検討結果が要求される。

そこで、本研究では、工程計画業務を過去の経験から標準的に取り扱えると判断される部分と、個性・多様性を考慮して具体的に掘り下げて検討を加えなければならない部分とに分けて、システム化を検討することとした。前者は、特に過去の工事経験が多く、標準的な考え方や方法が用いられると判断される工種や、その計画内容が工事施工の結果に余り影響をおよぼさないと考えられる工種を対象としており、工種単位での検討を行なうことにした。一方後者は、過去にあまり工事経験が無い場合や工事全体に影響を与えると考えられる工種、複雑な作業形態を持つ工種を対象としており、先取的に作業レベルでの詳細な検討を行なうことにした。

以上のような2つのアプローチを併用することにより、データ精度の低さを克服することができるとともに、建設工事を各計画策定段階に沿った形で合理的に計画することが可能であると考えられる。

3. 概略工程計画システムの開発

前章までの検討成果から、本研究では、座標式工程表を用いた概略工程計画システムを開発した。工程を計画するうえで必要とされる情報は非常に多く、現場で全てを処理することは不可能であり、工事数量や標準施工順序などの基本的なデータ・情報は本社、支社によって提供されることが必要である。

本研究においては、図2に示すような施工計画システムを構成し、過去の施工実績を整備した標準データベースをはじめとする共通データの整備を行ない、直接的な処理プロセスを工程計画システムとして開発した。そして、この構成概念のもとで概略工程計画のプロセスを図3に示すような5つのステージにデザインし、施工能力や順序、さらにはブロック分割を操作して代替案方式で概略工程の計画を行なうことにした。以下、それぞれのステージについ

Mamoru HARUNA, Mituru HARADA

て述べていくこととする。

1) ステージ1 : 工事諸条件の設定

ステージ1では、おもに概略工程の基本アクティビティである工種についての条件を設定する。

まず、工法の選定を行ない、標準D、Bから標準工事階層図と標準施工能力データを得る。次いで、工事構造を確認しながら当該工事独自の階層図に編集を行ない、標準データベースから編集後の階層項目について技術的な順序関係を設定する。さらに、

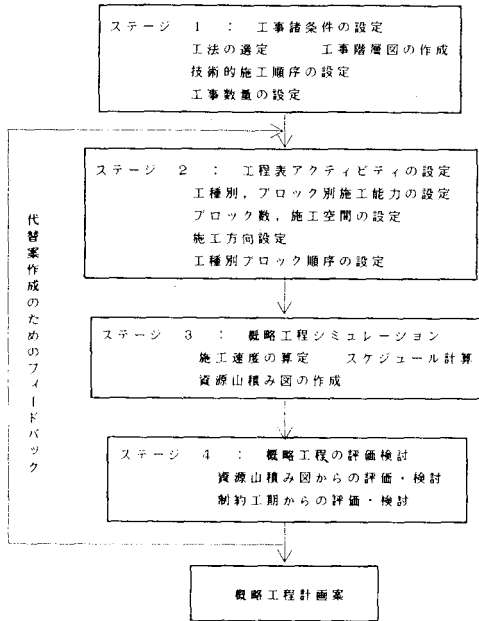


図2 工程計画システム全体構成

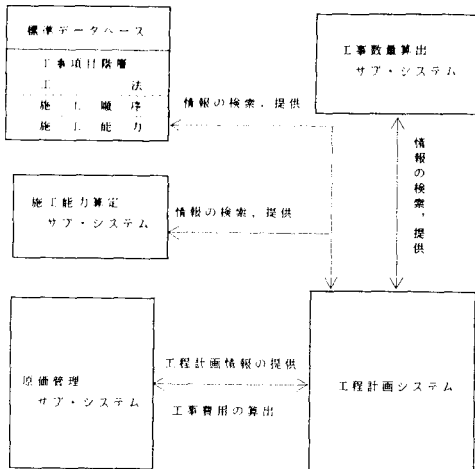


図1 工程計画システムを中心とした施工計画システムの全体構成

設計図書をもとに工事数量算出サブシステムにより算定される工種別の工事数量を設定することとした。

2) ステージ2 : 工程表アクティビティの設定

ここでは、工種毎にブロックの分割を想定することにしており、計画者判断を持って概略工程の構成単位を明確にする。

まず、標準施工能力データと施工条件から、当該工事において使用する施工能力を工種単位で計画者が設定する。ここでの能力データは、過去の施工実績を参照した能力検討が主体となるが、リフト構造の作業パターンを持っていたり、作業順序が複雑な作業パターンを持っている特定の工種については、施工実績にばらつきがあり、このレベルで標準的な数量を把握することは不可能であることから、先取り的に作業レベルまで分解し、能力算定サブシステムによってシミュレートした結果を工事レベルに集約することとした。

次に、制約工期、工種施工能力をもとにして、計画者の現場経験則をもって必要施工空間を確保しながらブロック数を設定する。そして、ブロックの施工空間として工事数量に加え、工事施工開始位置と終了位置についても同時に設定しておく。そして、工事・工法レベルの施工能力とブロック工事数量をもとにして、各ブロック別にブロック施工能力を設定することにした。能力データについては、ステージ1と同様に積み上げ型と割り付け型の2つのアプローチにより作成する。さらに、資源の転用を考慮して、各工種別にブロック順序の設定を行なう。この順序設定と同時に、施工方向についても設定することとした。

3) 概略工程シミュレーション

ここでは、ステージ1及び2で明確化された概略工程アクティビティについてスケジュール計算を行い、座標式工程表と資源山積み図をコンピューター処理によって出力する。

4) 概略工程の評価、検討

ここでは、ステージ3でシミュレーションした概略工程について、制約工期にかかわる時間的な側面と資源山積みについて評価・検討を行なう。また、代替案作成のための変更操作はブロック分割数、ブロック施工順序、ブロック施工空間の3段階のステップにより行なう。

ステップ1は、第1計画案を標準工程として捉え、工期とブロック分割のバランスについて検討を行ない、最適なブロック数を確定することを目的とする。標準工程が制約工期を大きく上回る場合には、短縮の対象となる工種をいくつか想定して、工区分割数を増加、あるいは施工速度を上昇させる。また、過剰ブロック分割の有無、過剰施工速度による投入資源の無駄についても検討を行ない、変更操作を行なう場合には対象となる工種を選定して、工区分割の減少あるいは施工速度の低下を想定する。

ステップ2では、ステップ1で確定したブロック数を与件に含め、資源の山崩しと施工ブロックの概略的な順序の決定を目的として、ブロック順序の変更操作を行ないシミュレートすることにした。

ステップ3では、これまでのステップ1、2の検討結果を与件にして、施工ブロックの施工空間を変更することにより、制約工期の遵守と資源の山崩しを行なう。

何れの場合も、ステージ2にフィードバックして

アクティビティの設定を変更する。各ステップで数パターンの代替案を作成して比較検討を行ない、各ステップをつうじ実行可能性の高い計画案を概略工程計画案とすることにした。

4. 実際工事レベルへの適用

ここでは、実際工事レベルへの適用を行なうことにより、実証的な検討を加えていくこととする。実証的検討に用いるモデルケース工事には、地下鉄工事を取り上げることにした。地下鉄工事は、路線に沿って工事数量がほぼ均等に分布しており、工事自体も路線延長に沿って施工されることから、概略工程計画を容易に座標式工程表に表現することが可能である。

モデルケース工事は、延長200Mの施工区域を持ち、道路の直下に線路部及び駅舎を構築する工事である。工事の代表工法としては、地上から道路部を開削して掘り進める開削工法がとられており、所定工事期間は実稼働日として1000日を与えた。

このモデルケース工事を取り上げるにあたって、

まず工事実績データを標準データとしてステージ1、2において設定し、標準工程を作成した。この標準工程を第1案として捉え、検討を行なった。

標準工程をスケジュール算定した結果、計算工期は1109日であり、制約工期が、1000日であることから109日を短縮する必要がある。工程表と資源山積み図から相対的に判断して、施工速度が遅く、資源投入量の増加が可能である工事NO. 6の連続地中壁工をその短縮対象工事として選び出した。工程短縮にあたって、各ブロックの同時終了を前提とした6工区均等分割に変更してNO. 1計画案を作

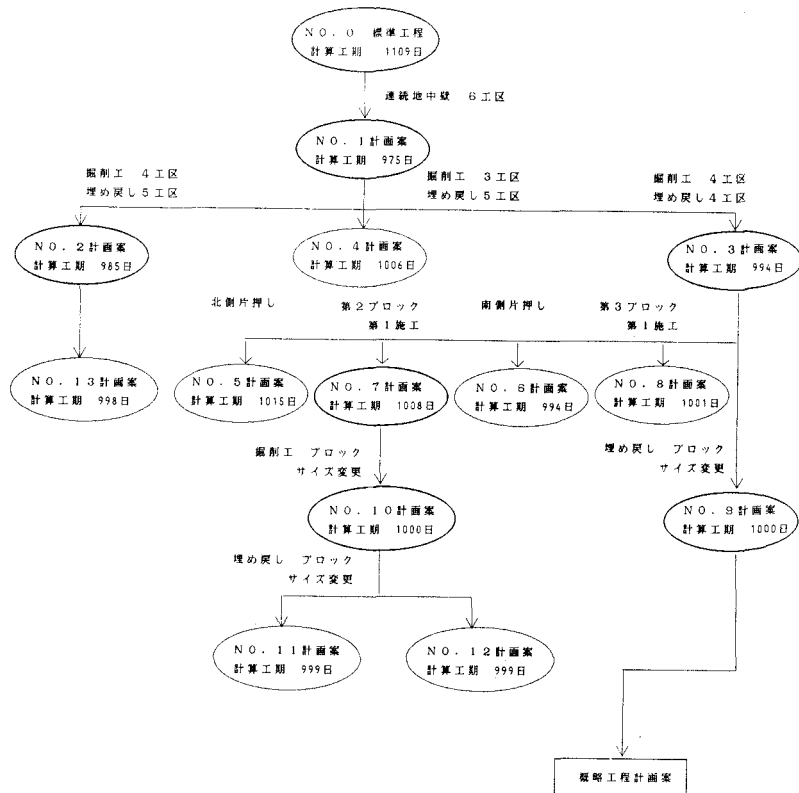


図3 代替案の作成 - 概略工程計画案に至るまで -

成した。計算工期は975日となり十分に制約工期を満足するものであった。

続いて、この工期を満足するNO. 1の計画案を基準工程にすえて、過剰ブロック分割の有無を検討した。NO. 10の構築工事は約20mで分割しなければならないため対象工程には適用せず、NO. 9の掘削工事、NO. 11の埋め戻し工事を検討対象工程に選定して、ブロック数を順次減少させてみた。NO. 2～4計画案の3タイプの工区分割を検討し、工区分割数の少ないNO. 2、3計画案についてさらに検討を加えることにした。

ステップ2では、対象工程にフロートが大きく資源の集中がみられる掘削工、構築工、埋め戻し工を選定して、ブロック順序の変更により資源山崩しを行なった。標準工程では、施工延長の両端から中央に向かって施工する順序関係があり、工程施工空間の中央付近から両端に向かって施工する場合、片押し的に施工する場合などの4つのパターンを想定してNO. 5～NO. 8計画案を作成した。工程表と

山積み図の検討から、さらに検討を加えれば実行可能性の高い計画案になると判断できるNO. 3計画案とNO. 7計画案をステップ3での検討対象にすることにした。

ステップ3では、対象工程に掘削工と埋め戻し工を選定して、ブロック施工空間の変更によって工程の短縮と資源の山崩しを行なった。その結果、NO. 9、12、13計画案が最も実行可能性が高いものと判断でき、資源山積み図も大差のない結果を得ている。しかし、ブロック分割数は投入資源、工事費用に影響するものであり、埋め戻し工のブロック数が多いNO. 13計画案は除外することにした。また、工事に遅れが生じた際に、計画された工程を余り変更しないで処理されることが望ましく、工程に余裕を確保しておく必要がある。そこで、掘削工事から埋め戻し工に至るまで2方向で施工されているNO. 9計画案が最も最適な計画案であると判断をくだし、概略工程計画案として採用することにした。なお、図4と図5にNO. 9計画案の工程表と普通作業員の山積み図を示した。

5. おわりに

本研究では、計画データの設定の煩わしさを標準データベースにより軽減すると共に、実際に工事で検討される施工ブロックの分割や投入資源の問題を技術者判断によって容易に設定することを可能にした。そして、データ設定した計画案を即座に座標式工程表や資源山積み図で出力することで、計画者判

断を十分にサポートすることができるものと確信を得た。

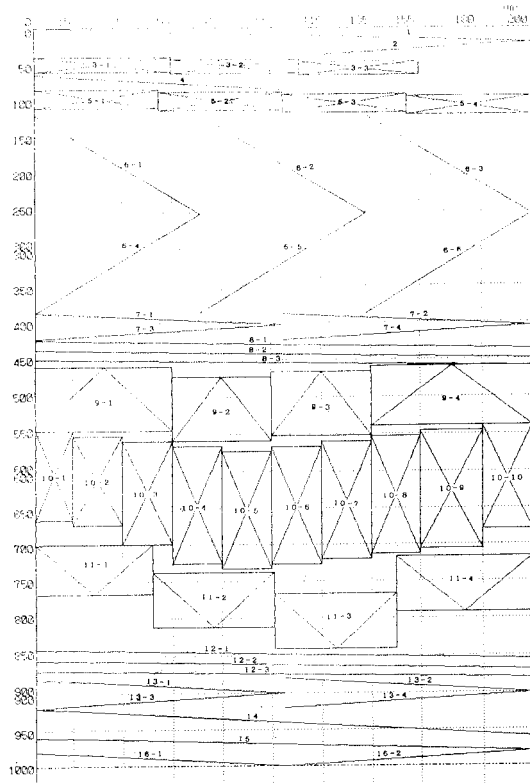


図4 NO.9計画表

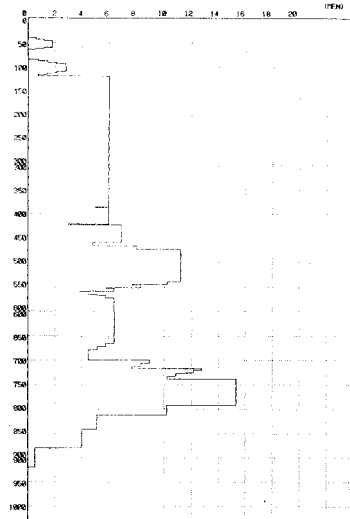


図5 NO.9計画山積み図（普通作業員）