

2箇所同時着工を認めた資源制約下の座標式工程計画モデル

学生員 名古屋工業大学 ○福永 剛

正 員 名古屋工業大学 和田かおる

正 員 名古屋工業大学 山本幸司

§ 1. はじめに

座標式工程計画表は、横軸が時間経過、縦軸が施工位置を表し、施工能力を右上がりのベクトルで表示する工程計画モデルであるが、従来、投入資源制約を直接的に考慮することが困難であった。いま、逆方向からの同時着工を認めるとその施工能力は右下がりのベクトルとなるため、資源制約を組み込むことがさらに困難となる。

そこで本研究では、2箇所から相近づく方向に着工する都市ガス幹線用パイプライン敷設工事の工程計画策定問題に対して座標式工程計画モデルの開発を行い、さらに、土工や溶接工の投入資源制約量を考慮したモデルへと拡張を試みる。

§ 2. パイプライン敷設工事について

パイプライン敷設工事の作業工程を簡略化（主要工程の選定）すると、掘削工、管吊降工、溶接工、埋戻工の4作業に大別することができ、この4作業の繰返し工程になる。従って、当工事を実施するためには、土工、溶接工に携わる作業員および工事機械が投入資源として必要となる。

§ 3. モデルの構築

まず、工程計画立案に際し必要な定数値としてパイプ長が挙げられるが、その他の必要な数値、すなわち掘削能力、埋戻能力、許容掘置距離（掘削位置と埋戻位置との距離）、各作業間の安全距離および工事区間長は、インプットデータとして取り扱うこととする。このうち、掘削能力と埋戻能力は、工事機械の能力、1日の作業時間、工事幅および深さにより、1日当たりの作業能力に換算しておく必要がある。さらに、溶接工と埋戻工を同時に実施する場合は、技術的な理由により埋戻工の作業能力が低下するため、溶接日埋戻能力を特に設定する。このため、溶接日埋戻能力での埋戻工と溶接工を同時に実施するケースと、溶接工の

実施を見送り通常の埋戻工のみ実施するケースが想定されるため、どちらのケースを優先させるかはデータ入力時に選択することとした。また、パイプライン敷設工事は4作業の繰返し工程であり、サイクル工程の出現が十分考えられるため、サイクル期間を自動的に算出するよう本モデルに組み込んだ。さらに、任意の地点を工事区間が占用する期間ならびに工事期間中の掘置距離の変化を統計的に表示可能とし、工期と併せて工程計画案の評価指標として利用する。

以下では、2箇所同時着工を認めた資源制約下の座標式工程計画モデルを構築する上で特に考慮しなければならない事項について述べる。

①工事終了間際の道路占用に関して

2箇所から相近づく方向に着工する場合、許容掘置距離を超えなければ両現場を結合させることができない可能性があるが、そのようなケースに限り、許容掘置距離を超えることを認めることとした。

②投入資源の制約に関して

パイプライン敷設工事は工事の特殊性より、各工種で工事機械1台を稼働させるために必要な作業員数が自ずと決まるため、資源制約に対しては、工事機械1台とその運行に必要な作業員数で1施工パーティを組ませ、その施工パーティ数を投入資源として扱うことで対処することとした。

また、掘削工と埋戻工は同一機械を用いること、および作業を実施する人員も同じで、管吊降工は掘削作業を実施していた作業員が行うことから、掘削工、埋戻工、管吊降工は1つの施工パーティとして扱い、これを土工パーティとする。さらに、溶接工は単独で溶接パーティとする。

③作業の優先順位に関して

工程計画立案に先立ち、資源割当上コンフリクトな関係に陥る作業に対して優先順位を決定しておかなければならない。しかし、座標式工程計画モデルにおいては、例えばPERT/MANPOWERではトータ

ル・フロートが小さい作業を優先するといったような作業の優先順位づけのアルゴリズムが開発されていない。そこで本モデルでは、土工の優先順位についてはインプットデータとして取り扱うこととした。また溶接工の優先順位については、実施しなければ翌日に埋戻工が実施できない状態になる箇所を最優先とし、次に埋戻工との距離が小さい箇所を優先させることとした。

§ 4. 事例計算

事例計算として、表-1のようなケースを設定した。土工パーティに関して想定しうるすべての優先順位のすべての組み合わせについて行った計算結果を表-2に示す。なお、通常方向から着工する現場を現場1、逆方向から着工する現場を現場2とし、ケースⅠは溶接日埋戻能力での埋戻工と溶接工の同時実施を、ケースⅡは溶接工の実施を見送り通常の埋戻能力で埋戻工のみの実施をそれぞれ優先させた場合の結果である。なお、座標式工程表は紙面の都合上、省略する。

表-1 事例計算で用いたインプットデータ

掘削能力	14 m/日
埋戻能力	24 m/日
溶接日埋戻能力	16 m/日
掘削工とパイプ先端との安全距離	4 m以上
溶接工と埋戻工との安全距離	8 m以上
許容掘置距離	60 m
埋設するパイプの総数	125 本
土工パーティ制限数	2 パーティ
溶接パーティ制限数	2 パーティ

同じデータを用いて1箇所から着工する場合の工期は、ケースⅠが129日、ケースⅡが118日であり、2箇所から同時着工することにより大幅な工期短縮が可能となった。また、本事例ではいずれの優先順位の組み合わせにおいてもケースⅠの工期がケースⅡよりも小さくなっていることから、未溶接箇所が存在する場合でも溶接工の実施を見送り、通常の埋戻能力で埋戻工のみ実施した方がより合理的な工程計画を立案できること、各ケースの中では掘削工の優先順位が高い場合に工期が小さくなっているため、掘削工が工事を進める上で重要作業となっていることがわかる。

表-2 計算結果

	優先順位				工期 (日)	
	現場1		現場2		ケースⅠ	ケースⅡ
	掘削	埋戻	掘削	埋戻		
①	1	2	3	4	93	102
②	1	2	4	3	93	102
③	1	3	2	4	91	97
④	1	3	4	2	96	101
⑤	1	4	2	3	91	97
⑥	1	4	3	2	91	98
⑦	2	1	3	4	93	102
⑧	2	1	4	3	93	102
⑨	2	3	1	4	91	97
⑩	2	3	4	1	96	101
⑪	2	4	1	3	91	97
⑫	2	4	3	1	92	98
⑬	3	1	2	4	91	98
⑭	3	1	4	2	93	102
⑮	3	2	1	4	91	98
⑯	3	2	4	1	96	102
⑰	3	4	1	2	92	100
⑱	3	4	2	1	93	100
⑲	4	1	2	3	94	99
⑳	4	1	3	2	95	101
㉑	4	2	1	3	94	99
㉒	4	2	3	1	95	101
㉓	4	3	1	2	94	102
㉔	4	3	2	1	95	102

§ 5. おわりに

本研究では、パイプライン敷設工事の工程計画策定問題に対して、資源制約と2箇所同時着工を併せて考慮できる座標式工程計画モデルの構築を行った。この種の座標式工程計画モデルは過去に開発された事例がないため、本研究の意義は大きいと判断する。

なお、本モデルはパイプライン敷設工事専用のモデルであり、将来的には一般的な工事を対象とした資源制約下の座標式工程計画モデルへの拡張を目指しているため、資源割当上コンフリクトな関係にある作業に対して優先順位づけを決定するためのアルゴリズムを考案することが今後の課題として挙げられる。