

パイプライン敷設工事における 最適道路占用長の決定

名古屋工業大学 学生員 ○福永 剛
名古屋工業大学 正 員 山本幸司
住友金属工業(株) 正 員 前田克年

1. はじめに

一般に、パイプライン敷設は交通量の多い四車線以上の広域幹線道路ではなく、二車線以下の道路を中心にルート選択されることが多い。このことから必然的に工事対象道路の道路片側（あるいは全面）を占有することになるが、当然道路交通に大きな影響を与えるため、道路状況や交通特性を十分考慮しその占有区間長を決定しなければならない。

しかし、この問題については科学的に検討されることはなく、従来より経験的に決定され、地元警察の許可を受けることが多かった。道路交通に与える影響をできるだけ小さくすること、とりわけ必然的に発生する交通渋滞を極力緩和することを重視するならば、このような問題には科学的なアプローチを試みる必要がある。そこで、本研究においては、数学的な解析によって、最適占有区間長を決定する方法を検討する。

2. 数学的な解析

片方向交通量のみを分析対象とすれば、待ち行列理論の適用可能性もあるが、双方向交通量を対象とすると適用困難である。そこで本研究では、座標式工程表の考え方を導入することにより、仮設信号機のサイクルタイムと道路占用長との関係を定式化するとともに、自動車の待ち行列台数を最小化する最適道路占用長決定方法について提案する。

2. 1 数値解法の定式化

2. 1. 1 一区間を占有する場合

いま、図-1のように二車線道路のうち一車線の地点A～B区間を占有する場合を考え、以下のように変数を定義する。

T: 仮設信号機のサイクルタイム(秒)

a: A地点での青信号現示時間(秒)

b: B地点での青信号現示時間(秒)

d: 逆方向交通との安全性を考慮した安全距離に相当する保安時間(秒)

λ_a : A地点への通過車両到着率(台/秒)

λ_b : B地点への通過車両到着率(台/秒)

μ : A, B地点の通過可能台数(台/秒)

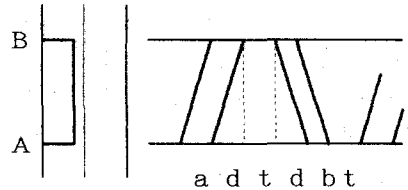


図-1 道路占有区間の略図と交通流パターン

表-1 仮設信号機の現示時間

	青時間	赤時間
A地点	a	b + 2d + 2t
B地点	b	a + 2d + 2t

これらの定義によって、図-1ならびに表-1を参考にすれば、Tは次のように表すことができる。

$$T = a + d + t + d + b + t \quad \dots \textcircled{1}$$

またサイクルタイムTの間にA地点へ到着する台数は $\lambda_a \cdot T$ 、青時間aの間に処理する(A地点を通過できる)台数は $\mu \cdot a$ と表すことができる。

いま、 $\lambda_a \cdot T \leq \mu \cdot a$ のときは仮設信号機での繰越し台数は存在しないことを意味する。すなわち、A地点において2回以上信号待ちする必要はないことになる。以下では一応これを分析のための必修条件と仮定する。ただし、この場合でも信号が青に変わる直前には、 $L_a = \lambda_a (T - a)$ 台が待ち行列を作ることになる。

そこで、クリティカルな状態、すなわち

$$a = (\lambda_a \cdot T) / \mu = \rho_a \cdot T \quad \dots \textcircled{2}$$

$$b = (\lambda_b \cdot T) / \mu = \rho_b \cdot T$$

が成立するとき、②を①へ代入すると、

$$T = \rho_a \cdot T + \rho_b \cdot T + 2(d + t)$$

となる。これを变形すると、

$$T(1 - \rho_a - \rho_b) = 2(d + t)$$

$$T = \frac{2(d + t)}{1 - \rho_a - \rho_b} \quad \dots \textcircled{3}$$

が得られる。次に、③を②へ代入すると、a, bは

$$a = \frac{2\rho_a(d+t)}{1-\rho_a-\rho_b}$$

$$b = \frac{2\rho_b(d+t)}{1-\rho_a-\rho_b}$$

となる。そしてこのときの待ち行列台数 L_a は、

$$L_a = \lambda_a(T-a)$$

$$= \frac{2\lambda_a(d+t)(1-\rho_a)}{(1-\rho_a-\rho_b)}$$

と求まり、同様に L_b は、

$$L_b = \lambda_b(T-b)$$

$$= \frac{2\lambda_b(d+t)(1-\rho_b)}{(1-\rho_a-\rho_b)}$$

によって算出できることになる。

以上の結果より、 $\lambda_a, \lambda_b, \mu, d, t$ の各値が与えられると、A, B 両地点の仮設信号機の青現示時間 a, b 、サイクルタイム T 、クリティカル状態の待ち台数 L_a, L_b が、式②, ③, ④, ⑤により算出できることになる。逆に、 L_a, L_b の最大許容値 L_a^{max}, L_b^{max} が何らかの基準に基づいて与えられると、式⑤より d 値を求めることができ、この値を用いて最大占有区間長 S が想定できることになる。すなわち、A~B間の平均走行速度 V と d を用いて

$$S = V \cdot d \quad \dots \textcircled{6}$$

と求めることができる。また区間A~Bの間でシヨベルなどが旋回作業を行うとき、その作業可能時間帯は、図-1のA~B間に作業位置をマークし、時間軸に平行な直線をひくことによって容易に求めることができる。

2. 1. 2 二区間を占有する場合

連続して二区間を占有する場合は、その二区間の間に通過車両を止めない場合と、止める場合（片方向、両方向）が考えられるが、ここでは、通過車両を両方向止める場合の定式化を提案する。

いま、図-2のように二車線道路のうち一車線の地点A~B区間と地点C~D区間を占有する場合を考え、以下のように変数を定義する。

- T: 仮設信号機のサイクルタイム (秒)
- a: A, C地点での青信号現示時間 (秒)
- b: B, D地点での青信号現示時間 (秒)
- λ_a : A地点への通過車両到着率 (台/秒)
- λ_b : D地点への通過車両到着率 (台/秒)
- l: 通過車両一台の平均長 (m)

その他の変数は、一区間を占有する場合と同じである。まず、B, C地点の保安時間 (t_1, t_2) を等

しくすることを前提とすれば、一区間を占有する場合と同様にして S, T, a, b などを想定できる。これらより図-2のB~C間の区間長 S' は、

$$S' > \max \{ \lambda_a \cdot T \cdot l, \lambda_b \cdot T \cdot l \} \quad \textcircled{7}$$

を満足しなければならない。そしてこの値が何らかの理由により車を止めなくてもよい長さより大きくできない場合は、 t_1, t_2 が t よりも小さいことを意味するので、 $t_1 = t_2 = t$ となるまで、B, C地点で待ち時間を作ればよい。A地点とD地点との青現示開始時刻のずれを x とし、

$$x = \frac{a-b}{2} \quad \text{とすると、}$$

$$t_1 = t_2 = \frac{S'}{V} + \frac{a+b}{2}$$

よって、B, C地点における待ち時間 t_w は、

$$t_w = t - \frac{x}{V} + \frac{a+b}{2} \quad \text{である。}$$

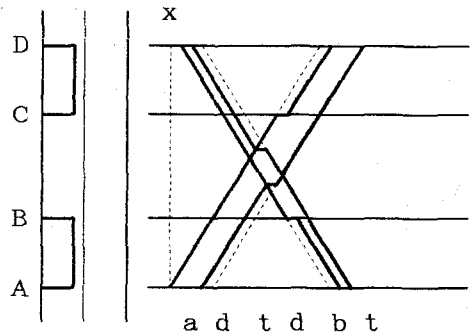


図-2 道路占有区間の略図と交通流パターン

3. おわりに

事例計算結果は、講演時に示す。なお、本稿で提案した数学的方法は、通過車両のランダム性を考慮していないこと、 $\mu, t, V, L_a^{max}, L_b^{max}$ の各値の推定に関する検討が不十分であること、などの問題点を含んでいる。今後の課題としては、①上記の問題点を含む、今回提案した数式の妥当性の検討②かなり複雑な交通状況においても、最適道路占有長が決定できるようなシミュレーション・モデルの開発などが挙げられる。