

道路工事における交通流への影響を考慮した工法選択に関する事例検討 —工事用感応式信号制御機の遅れ時間低減効果—

Investigation on The Matters concerning The Construction Method Choice in Consideration of The Influence Exercised upon
The Traffic Flow in Road Construction

-- Delay-time lowering effect of the vehicle-actuated traffic signal controller for road work --

安井一彦* 池之上慶一郎** 野村利充*** 石崎 実***

By Kazuhiko YASUI, Keiichiro IKENOUE, Toshimitsu NOMURA and Minoru ISHIZAKI

1. はじめに

道路整備の目的の一つは、車両の旅行時間の短縮や正確な輸送時間を確保し、社会経済活動の遂行を支援することにある。しかし、それらの目的で工事用を行う場合、車線規制等の交通制限が行われ、渋滞が発生し、本来の目的とは逆の現象が発生する。

従来より道路工事の工法を選定する際、例えばスノーシェッドなどの道路構造物であれば、PC・RC等の構造物自体の工事費の経済比較は行われるが、工事に伴う車両の遅れ時間や、これによって生じる経済的損失まで算出し、総合的に検討を行なうことはあまり行われていない。

本研究では、片側交互通行を行なった場合の遅れ時間について、従来から提案されている推計方法と実際の工事区間での実測値を比較検証するとともに、交通制御の方法として従来から用いられている交通誘動員や定周期式信号機による方法、さらに、今回新たに開発した車両感応式信号機による方法について、遅れ時間を中心に調査・解析を行なった。

2. 遅れ時間の推計値と実測値

(1) 遅れ時間の推計方法

単位時間当たりの到着交通量が一様であり、信号1サイクルで待ち行列が解消すると仮定すると、車両が受ける総遅れ時間は図-1に示される三角形の面積として簡便的に算出することができる。赤時間の開始と同時に待ち行列が発生し、青時間の開始より飽和流率で車両が捌け、 t_1 時間後に待ち行列が解消する。

よって、サイクル当たりの総遅れ時間は上下方向合計の値として以下の式で示される。

$$DL = \frac{S}{2} \left[\frac{Q_i R_i^2}{S - Q_i} + \frac{Q_i R_i^2}{S - Q_i} \right] \quad (1)$$

DL: サイクル当たりの遅れ時間 S: 飽和交通流率
Q_i: 交通量 R_i: 赤時間 i: 対象車線

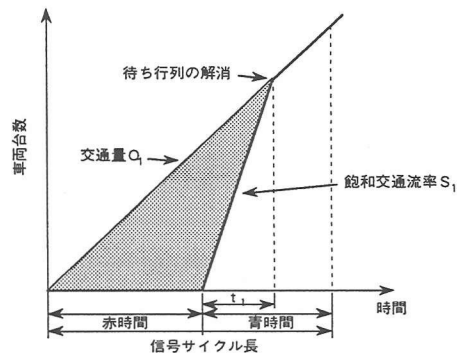


図-1 遅れ時間推計の概念

(2) 実測値との比較

山形県内及び長野県内の実際の片側交互通行工事区間において、VTR装置を用い車両の遅れ時間の測定調査を行なった。この結果実測された車両の遅れ時間と、単位時間交通量を用いて式(1)で推計した車両の遅れ時間について図-2に示す。

山形実験では、両者の値は概ね等しい結果となった。一方、長野実験では、信号無視車両による交通遮断等が頻繁

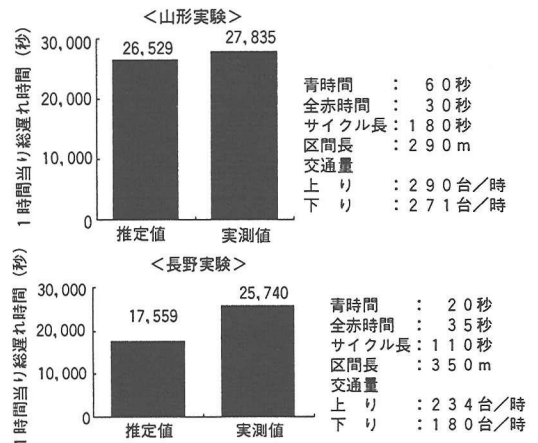


図-2 遅れ時間の実測値と推計値の比較

キーワード: 交通流、交通制御、交通管理

* 正会員 日本大学助手 理工学部交通土木工学科
(274 船橋市習志野台7-24-1)
TEL 0474-69-5507
E-mail yasui@trpt.cst.nihon-u.ac.jp
** 正会員 工博 日本大学教授 理工学部交通土木工学科
*** 正会員 日本サミコン(株) 技術部研究開発課
(950 新潟市弁天橋通1-8-23)
TEL 025-286-5211

に発生した結果、遅れ時間が推定値を上まわる結果となった。

交通量レベルが低く、ランダム遅れが無視できる交通状況では、事前に交通量・定周期信号制御パラメータを調査することにより、簡便的に遅れ時間を推計しても、大きな差異は生じない事が判明した。

3. 工事による経済損失額の推計方法

山形実験での現場に、表-1のようなスノーシェッド工事を行なうと仮定し、RCおよびPC工法の2種類（工期の違いが特徴）について、工事により片側交互通行を行なった場合に、交通流に与える影響について経済損失の試算を行った。

表-1 適用工事の前提条件

項 目	RC	PC
構造物延長 (m)	30	30
1m当り工事費 (千円)	1,300	1,500
当初建設費 (千円)	39,000	45,000
交通規制区間長 (m)	290	290
交通規制日数 (日)	220	130
規制時間	1日当り8時間	
交通規制の方法	片側交互通行 (定周期信号)	
交通量 (台/時間)	上り=290 下り=271	

(1) 推計のための交通量及び車種構成

交通量については、実際に山形の現場で計測された交通量が1日8時間継続すると仮定した。

車種構成については、当該国道の道路交通センサス資料より普通貨物車15%・小型貨物15%・バス2%・乗用車68%と仮定した。

(2) 車種別時間単価

車種別時間評価値は表-2¹⁾を使用することとし、上記の車種構成では、車両の平均時間単価は(A/P)=0.936円/台秒となり、これを用いて経済損失の推計を行った。

表-2 車種別時間評価額¹⁾

車 種	単価 (円/台・分)	備考
小型貨物	54.89	車両留置料金
小型貨物	41.00	車両留置料金
バ ス	283.02	1人当り国民所得
乗用車	53.12	労働者1人当り賃金

(3) 経済損失額の推計値

上記の仮定での工事による経済損失額の推計値を表-3に示す。

この現場での工事では、当初工事の工法選定時にはPC工法の方がRC工法より600万円も建設費用が高いものの、工事による経済損失額を考えれば、PC工法を選択の方が交通流への影響も考慮した総合評価では望ましい結果となった。

表-3 工事による経済損失推計額 (単位:千円)

項 目	RC工法	PC工法
当初建設費	39,000	45,000
工事による経済損失	45,855	27,096
合 計	84,855	72,096

4. 制御方式別遅れ時間の測定

定周期式信号制御による遅れ時間については、前章までに推計値の算出方法、実測値との比較、これを用いた工事による経済損失額の算出方法を述べた。

実際の現場では、定周期式信号機の他に交通誘導員による制御が行なわれている。従来の工事用信号機を用いる場合、定周期式のため需要交通の変動に対応できず、その結果、必要以上の待ち時間や渋滞が発生する場合が多い。

そこで本研究では、交通需要を感知し、それに見合う青時間を与えることが可能な工事用感應式信号制御機の開発を行ない、定周期式、感應式、交通誘導員のそれぞれについて、実際の現場での車両挙動調査を基に、遅れ時間を中心に分析を行なった。なお、工事用感應式信号制御機の詳細については、発表済²⁾であるので、ここでは省略する。

適用試験は長野県と新潟県の2箇所で行なった。図-3に交通量を、図-4に平均遅れ時間を制御方式別に示す。但し、感應式制御の下り方向はセンサー異常が発生したため、ここでは省いている。

図-4より、感應式制御の平均遅れ時間は、定周期式制御よりも約10~40秒短く、誘導員による制御より、約6~10秒長い結果になった。これは、感應式では単位延長青時間を一律5秒と設定したため、最終通過車両を感知してから、5秒後に青時間を打ち切ることになり、その分、誘導員制御より遅れ時間が長くなったためと考えられる。また、センサー不良により感應制御の効率が低下した事も一因として考えられる。

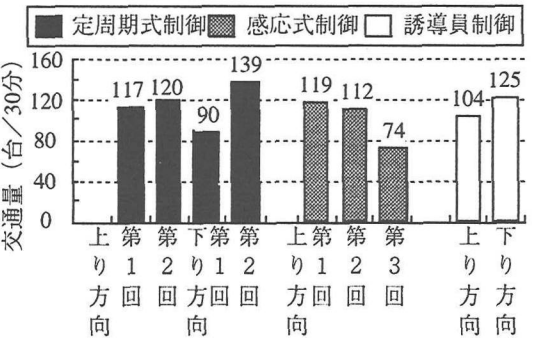


図-3 交通量 (長野での実験)

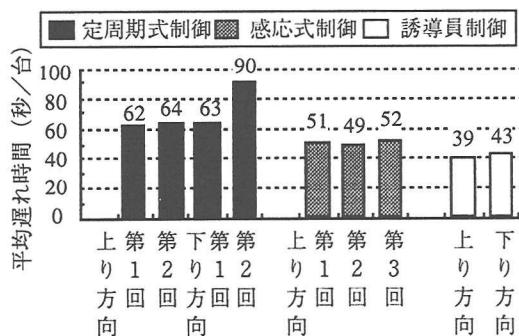


図-4 車両1台あたりの平均遅れ時間実測値
(長野での適用試験)

5. 制御方式別遅れ時間の比較

制御方式別の遅れ時間を比較する場合、厳密には同一の交通需要（到着パターン）について遅れ時間を測定する必要があるが、現実には不可能である。そこで、実際に測定した上流地点での車両の到着時刻に、停止線までの平均所要時間を加えた時刻に車両が停止線に到着するものと仮定し、それぞれの制御を行なった場合の遅れ時間を試算した。また、定周期式制御の場合は、青時間の設定が遅れ時間に大きく影響するため、青時間を変化させた場合の遅れ時間についても同様に試算を行なった。

(1) 定周期式と感应式の比較

図-5に、定周期式制御時に測定された車両の到着時刻を基に、感应式制御を行なったと仮定した場合の両者の遅れ時間を示す。全ての場合について、感应式制御の方が遅れ時間が小さくなっている。これは、サイクル毎に変動する交通需要に対して、適切な青時間が与えられた結果、遅れ時間が少なくなったと考えられる。

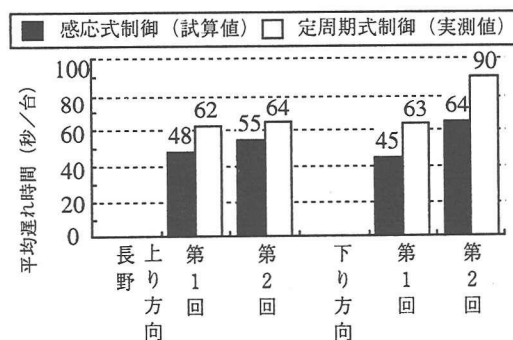


図-5 定周期式と感应式の比較

(2) 誘導員と感应式の比較

図-6に、誘導員制御時に測定された車両の到着時刻を基に、感应式制御を行なったと仮定した場合の両者の遅れ時間を示す。ほとんどの場合、誘導員制御に比べ、感应式制御の方が遅れ時間が大きくなっている。これは、誘導員制御では車群が途切れると同時に、青時間を打ち切る事が可能であるのに対して、感应式制御では前述のように最終打ちきり車両通過後、単位延長青時間分の無駄青時間が生じることも一因として考えられる。

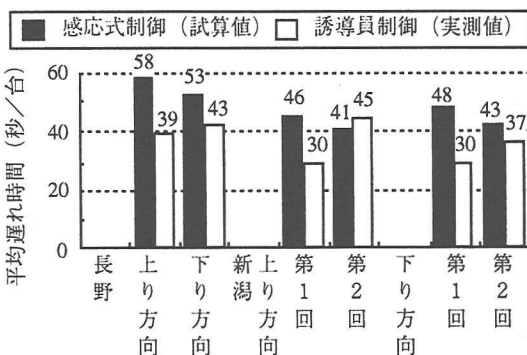


図-6 誘導員式と感应式の比較

(3) 定周期制御で青時間を変化させた場合

図-7は、感应式制御時に測定された車両の到着時刻を基に、定周期式制御を行なったと仮定し、青時間を変化させた場合の遅れ時間の試算結果を示す。なお、ここでの定周期式（理論値）とは、需要交通が一様到着と仮定した場合の値、定周期式（試算値）とは、感应式制御時の車両到着時刻を基に、定周期式制御を行なったと仮定した場合の試算値を示す。

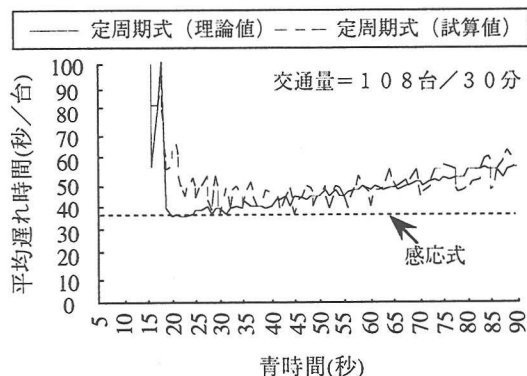


図-7 青時間を変化させた場合の定周期式制御の平均遅れ時間の比較 (片側方向のみ)

感応式制御時の平均遅れ時間と比較すると、理論値は青時間20秒で平均遅れ時間が一致しているが、実際の需要交通を使った定周期式制御での値は、青時間を変えた場合でも感応式制御に比べ、遅れ時間が大きくなることからわかる。当然なことであるが、青時間が最適な値を越え増加するにつれて、この傾向はより大きくなる。

定周期式であっても、交通需要に見合った青時間を設定すれば、遅れ時間を最小にすることが可能であるが^{3) 4)} 5)、変動する交通需要を人手で捉えて、最適な青時間の設定をサイクル毎に現場で行なうことは、現実的には困難である。

6. 交通需要と遅れ時間のシミュレーション

交通需要が変化した場合、定周期式と感応式での遅れ時間の特性を調べるため、車両をボアソン到着で発生させ、停止線で赤の場合は停止し、青になった場合には、飽和流率で発進を行なうという簡単なシミュレータを作成し、両者の比較を行なった。なお、今回使用したシミュレータの基本仕様は、現在まで、再現性の検討が行なわれている、MICSSTRAN³⁾モデルに準じている。これを図-8に示す。図より、交通需要が変化した場合においても、感応式制御は定周期式制御に比べて、遅れ時間が全ての場合において、短くなること示された。

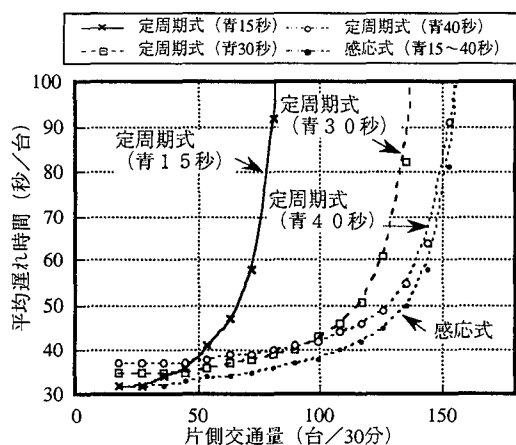


図-8 制御方式と遅れ時間の関係
(全赤時間25秒、飽和流率1200台/青1時間)

7. 交通誘導員へのヒアリング結果

実験においては、現場に配置されている交通誘導員の方々にあわせてヒアリングを行なった。その主な結果をまとめると、以下ようになる。

(1) 誘導員の負担について

感応式で信号機と誘導員のペアで誘導を行なう場合は、誘導員の場合に比べ負担が大幅に軽減する。その結果余裕が生まれ、歩行者や自転車等により注意を払うことができる。

(2) 誘導員の安全について

誘導員の場合には、車を停止させるため、車道上で停止・誘導を行なっている。特に停止合図をする場合には、体を張って車を止めることになり、大型車等停止合図を無視して進行する場合には、かなり危険な状況も存在する。感応式信号機を使った場合には、信号が赤を表示してくれるため上記のような状況からは解放され安全である。

8. まとめ

片側1車線対面通行道路で工事を行う場合、従来より片側交互通行が一般的であるが、それによる経済損失まで考慮し工法を選定することはほとんどないと思われる。また、工食用定周期制御信号機において青時間の長さはその工事に携わる人の今までの経験で設定されることが多かった。本研究では、あらかじめ交通量と飽和交通流率を調査しておけば、遅れ時間を式(1)より予測し、更に予想される経済損失額を定量的に表わすことができ、工期短縮が工法選定時の経済的要因になる一例を示した。

今回開発した感応式工食用信号機は、工事期間中の車両の遅れ時間を低減する上で、非常に有効であることが判明した。今後は、工事現場の条件により推定値がどのように変化するのか、経済損失額の求め方、感応制御における初期青時間と単位延長青時間と遅れ時間の関係について、研究を進めていきたい。

最後に、我々の趣旨を理解していただき、実験現場を提供していただいた建設省関東地方建設局長野国道工事事務所笹平出張所の方々、新潟県土木部および新潟県警察本部交通規制課の方々、超音波センサーについて献身的に協力を頂いた日本信号(株)商品開発室の桐生典男氏、多くの技術的指導を頂きました東京都建設局土木技術研究所笹岡弘治氏に厚く感謝致します。

参考文献

- 1) 道路行政平成5年度、全国道路利用者会議
- 2) 安井一彦他：工食用感応信号制御機の試作と適用試験について、交通工学研究会第14回研究発表会論文集、pp9-12、1994。
- 3) 交通信号の手引、(社)交通工学研究会、pp131-132、
- 4) 笹岡弘治他：工事区間での片側交互通行信号の運用法の考察、交通工学、Vol. 27, No. 1, pp25-32, 1992。
- 5) 笹岡弘治：2車線道路での工事中の交通処理に関する考察、交通工学、Vol. 28, No. 2, pp31-38, 1993。
- 6) 中辻隆他：2車線道路工事区間の誘導員制御における最適青時間に関する研究、交通工学研究会第14回研究発表会論文集、pp5-8、1994。
- 7) 野村利充：工事中の道路の交通制限による経済損失算出についての一考察、道路交通経済、No. 68, pp114-120、1994。
- 8) Department of Transport: An Introduction to The Use of Vehicle Actuated Portable Traffic Signals, HMSO, 1986。