

氏名	明神 証 みよう じん しょう
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第715号
学位授与の日付	昭和49年9月24日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	都市高速道路の交通管制手法に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 米谷栄二 教授 佐佐木 綱 教授 天野光三

論文内容の要旨

この論文は、都市高速道路網を対象とする交通管制手法に関する研究をとりまとめたものであって、大別して三つの部分から構成されている。すなわち、管制を実施する場合を二つにわけて平常時および緊急時とし、このそれぞれについて管制手法を考察するとともに、都市高速道路網の形態上とくにその数が多く、交通流に対する隘路となりやすい合流部における制御手法を取り扱っている。本論文は5章から成るが、第2、3、4章において、それぞれ平常時管制、緊急時管制および合流部の制御を取り扱っている。

まず第1章では都市高速道路における交通管制の意義と本研究の目的ならびに本論文の概要について述べており、都市高速道路の構造およびネットワークの特徴、利用交通の特性および料金制に関する考察をもとにして、都市高速道路の交通管制においては流入ランプからの流入交通量を制御する流入制御を基本とし、必要に応じて他の制御を選択的に併用する方針をとるべきであるとしている。

第2章は平常時管制のための各種流入制御法の定式化と制御特性および実用性に関する検討を行なったものである。この場合の流入制御は流入ランプからの流入交通量が過剰な場合に、本線上の任意の区間に生じる渋滞をあらかじめ上流側の流入ランプからの流入量を制御することによって防ごうとするものであって、このためには本線上各区間の交通量が流入交通量によって一意的に記述されていることが必要である。この記述方法として流入・流出ランプ間の最短経路を表わす行列を用いる方法と、本線上分岐地点における交通量の分岐比率を用いる方法との二つを提案しているが、制御の安定性という観点から前者の有用性を明らかにしている。この記述式をもちいて、都市高速道路上のすべての区間で渋滞を生じさせないようにして、しかも流入交通量最大という判定規準に従った流入制御法を開発している。すなわち流入交通需要に急激な変動がなくほぼ定常とみなせる交通状態に対してLP制御、比例制御および一様制御の三つの制御方式を提案し、それぞれの基本的な特性について考察を加えている。また流入交通需要が時間的に急激な増減を示す非定常な場合に対しては、流入量最大という判定規準の採用は困難であり、上述の区間交通量の記述式に流入ランプから本線上各区間への到達所要時間を取り入れ、制御応答の迅速な逐次

ランプ閉鎖制御を提案している。これらの各制御方式はいずれも、さきにも述べたように本線区間交通量が所定の容量をこえないようにランプからの流入交通量を制御するものであって、目的関数としては総流入許容台数、総台・kmなどが考察されている。またシミュレーションによって制御の速応性、区間速度の安定性を検討し、非常時においては制御時間単位を5分とする逐次ランプ閉鎖制御、定常時においては同じく制御時間単位を5分とするLP制御がすぐれていることを明らかにしている。また、ランプ間交通量および区間交通量の推定値と実績値との比較の結果、推定は制御に十分な精度をもっており、また予測の観点から制御の単位時間の長さについても考察している。

第3章では事故等の発生した緊急時における管制手法を中心として、交通流の監視ならびに制御水準に関する検討を行なっている。緊急時においては前述の逐次ランプ閉鎖による流入制御をまず適用し、これに加えて本線完全閉塞時には流出指示および迂回指示、部分閉塞時には流出を推奨する方式をそれぞれ併用することを原則とすることを提案している。迂回指示に関連して高速道路網上での迂回経路の探索アルゴリズムを考察し、また高速道路本線合流点間の到達可否の探索から出発して各ランプ間の迂回経路の有無をみつける比較的簡便な方法を示している。交通流監視については交通量の機械的計測の誤差に関する2, 3の検討をおこなっており、また緊急時と判断して制御にふみきるべき交通状態を時間オキュパンシによって示している。

第4章においては合流部の交通性状に関する研究を行ない、これをもとに合流部における制御法について検討したものである。まず合流部を、いわゆるランプ合流部と本線合流部とにわけ、それぞれの交通性状を主としてシミュレーションによって解明している。ランプ合流部については、本線交通流の速度低下および合流容量を各種交通量レベルに対して示し、本線合流部については、いわゆるY型合流部の速度低下および容量を推定している。なお、Y型合流部の交通流を圧縮性流体の流れとみなし、速度・密度の関係を導いた後、2, 3の数値計算例を示している。以上の交通モデルを検討したうえで、ランプ合流部に対してはその本線上流付近における車線制御の効果を求めており、また本線合流部に対しては、合流容量の観点から、上流2方向からの各種交通量に応じた車線制御方式を示している。

第5章では本研究でえた結論と残された課題をのべている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、都市高速道路の機能、特性および利用交通の諸特性に関する基礎的な考察の上になつて、その交通管制手法を研究したものであって、大別して三つの場合の管制手法を検討している。すなわち、1) 平常時において流入ランプからの流入量が大きいことによってひき起こされる本線上の自然渋滞を予防する管制、2) 事故発生時など緊急時における管制および、3) 合流部における速度低下、容量低下をできるだけ防ぐための制御である。

まず、平常時の管制では、ランプからの流入量を制御する流入制御がもっとも有効な方法であるとし、これを可能にするための理論的な方法について検討している。まず本線交通量をランプからの流入交通量によって表現し、ランプ制御によって流入交通量を変化させた場合の本線交通量の推定式を導いている。この推定式には本線上の交通流の分岐確率を用いる方法と経路行列を用いる方法の2種類があり、前者の

方法ではランプ制御を行なったときに分岐確率そのものが影響をうけ、一定値とみなすことができないのに対して、後者の方法では経路行列を不変とすることができる。著者は後者の方法を経路行列法と名づけ、その実用性を明らかにしている。経路行列法では本線交通量が影響係数行列と名付けられた行列とランプからの流入交通量との積によって表わされるところに特色があり、影響係数行列は流入・出ランプ間の最短経路行列とランプ間 OD 分布確率との積で与えられ、この行列が基本的に重要な役割を果たすものとなっている。

流入制御方式として、交通流の定常状態を仮定できる場合に対して LP 制御、比例制御および一様制御を、非定常な状態の交通流に対して逐次ランプ閉鎖制御をそれぞれ提案している。制御の有効性、確実性の点で比例および一様制御には難点があり、また制御の速応性、本線上速度の安定性の観点から、5分間を制御時間単位とする逐次ランプ閉鎖制御と LP 制御がもっとも推奨される方式であるとし、実用上は朝夕のラッシュ時に前者を、昼間時間帯に後者を適用すればよいと結論している。LP 制御では区間交通量が所定の容量をこえないという条件のもとで、総許容流入台数もしくは総合・km 最大とする制御が可能であって、すでに実用化を見るに至っている。これらの方法によると、ランプ間 OD 分布、区間交通量の推定精度は極めて良好であり、したがって影響係数行列は制御に十分な精度をもっている。さらに著者は区間交通量予測のためのランプからの流入交流需要の予測単位時間を5分とすること、流入需要予測値として直前の5分間実績値をとればよいこと、さらに区間交通量予測値の簡便な修正法を示し、流入制御は十分に実用的効果を発揮できることを明らかにしている。

つぎに緊急時の管制システムの構成について考察し、逐次ランプ閉鎖の適用を中心として流出を強制する流出指示、流出を推奨する流出推奨、さらに迂回指示の適用原則について述べている。事故による渋滞であれば、事故発見と同時に逐次ランプ閉鎖によって制御し、さらに本線が完全に閉塞されている場合には上流ランプからの流出指示および迂回指示、部分閉塞であれば同じく流出推奨をそれぞれ併用すべきであることを示している。この際、渋滞発見とその原因の認知とは必ずしも同時に行なわれないので、このことを考慮した制御方針を提案している。すなわち、事故渋滞であることが先にわかれば上記の制御を実施し、渋滞のみが先に検知された場合には、オキュパンシ20%から30%までの間を LP 制御によって渋滞の推移を観測し、30%に達すれば逐次ランプ閉鎖制御に切り換えるものである。上記の迂回指示は高速道路網上に迂回路が存在する場合に迂回路へ誘導するという考え方によるものであり、これに関連して迂回路の探索のアルゴリズムが示されている。

合流部における制御は、前提としてそこでの交通性状に関する知識を必要とするが、これに関する従来の研究は制御の観点から十分であるとは云い難い。したがって本研究では主としてシミュレーションと流体力学的モデルを用いて交通性状を解析することに多くの努力が払われている。合流部をランプ合流部と本線合流部とにわけ、まずランプ合流部に対しては本線流の速度低下の軽減という観点から、車線制御が有効であるような制御水準を本線およびランプ交通量の種々の組み合わせに対して示している。本線合流部に対しては、合流による渋滞を防ぐという観点にたって、上流2方向からの交通量に応じた制御形式を提案している。すなわち、上流からの交通量がほぼ相等しい場合に各上流で車線制御を適用すべき交通量レベルを示し、また交通量の差が比較的大きい場合に車線制御、側方型制御の各適用レベルを示している。

以上，この論文は都市高速道路における交通管制に関して新しい手法を開発し，その実用性を明らかにしたものであり，学術上，實際上寄与するところが少なくない。よって，本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。