



交通工学最近の諸問題

米谷 栄二*

今日われわれが交通工学という場合に、それは道路の交通を対象とする Traffic Engineering を意味する場合と、もっと広く運輸交通全般をふくめて Transportation Engineering を意味する場合とがあると思う。

戦後の日本経済が、戦前の水準を回復し、さらに新たな発展を遂げようとしている現在、その生産の基盤になる輸送施設である道路、鉄道、港湾、空港などの施設の劣弱性が、経済成長をはばむ大きな隘路になっている現状を見ると、狭い意味の面のみでなく、広い意味の運輸交通工学の研究およびその分野の技術者の養成が、今日ほど急なことはないと思う。

この意味において、今年度からわが国の大学に交通工学科（注：日大）が設けられたことは、まことに喜ばしい限りである。同学科は今いった狭い意味の交通工学なのか、広い意味の交通工学なのか、よく知らないが私立大学だけでなく、国立大学の工学部にも速やかに広い意味の交通工学科が設置されることによって、総合的な立場で運輸交通全般について、高度な研究を行ない、それらを工学的な立場で推進するとともに、高級技術者を養成する必要があると思う。こういった気運を推進することは、土木学会の義務であろうと思うので、会員各位の熱意と御支援をお願いしたい。「交通工学最近の諸問題」という題ではあるが、狭い意味の交通工学のつもりで二、三思いついたことを述べたい。

わが国においては、周知のとおり道路施設の不備と、その道路を使う側の人たちの不注意と徳性の欠除ということと相まって、年々交通事故が増えて多数の尊い犠牲を出していることはまことに寒心に耐えない。この実状を1日も早く改善して、安全度の高い交通態勢を作ることが、世論のひとしく要求するところである。また交通工学の使命の最たるものは交通の安全ということであろうと思う。交通工学の研究はどんなふうにしたら、交通事故をなくすることができるか、あるいは少なくすることができるかということを目標としているといっても差しつかえないと思う。

普通交通量調査とか、O-D 調査とかをやるのが交通工学というように軽く理解されているように思うが、それらはすべて交通の安全を確保するための研究に必要な調査として行なわれるものである。交通工学の研究内容は交通流の特性に関する研究、交通量、交通速度、密度

そういった交通の流れ方、道路の交通容量、あるいは駐車の実態などを調査研究すること、また、交通の規制について、どうすれば交通の流れが円滑になって、能率をあげ、また障害を少なくすることができるかというようなことを研究する。さらにはそれらのための施設をいかに計画し、設計すればよいか、などを研究する学問である。

そこでまず初めに交通量あるいは交通速度、交通流の観測をやるのに測るメカニズムのいくつかの概略をのべ次に電子計算機が交通工学へかなり応用されているので、それについて若干ふれたいと思う。それから交通規制のための信号であるが、一定の時間赤と黄と緑が循環的に変化していく定時式の信号だけでなく、車がそこに来たとき、その車が、自分で信号を動して信号に青を出させるという信号もあるので新しそうなものも述べる。

最近では名神高速道路のような高速自動車道路がだんだんできるようになってきたので、われわれは一般街路、一般道路上の交通ばかりでなく、専用自動車道路の上では、交通の流れはどうゆう動き方をするか、また交通事故はどうゆうふうな起こり方をするか、ということを含め十分研究しなければならないと思う。そういう意味でフリーウエーとか高速道路について若干ふれてみたい。

まず初めに交通量の測定装置であるが、交通流の特性として交通量とか速度とか、遅滞あるいは車線内の車の位置、すなわち、内側によって走るとか、外側によって走るとか、車線の中の主にとの辺を走るとかという placement を測るためにいろいろな装置を工夫するわけであるが、交通量計測に一番広く使われているのは空気式である。これはどこの役所でも使っているトラフィックカウンターと称するものでゴム管を路面に敷き、一端は締めてるいて他の端をカウンターの機械につなぎゴム管を車が踏んだとき、その中の空気が圧縮されて、機械につながった側のダイヤ フラームの金属の薄い膜が変形して接点が閉じ、カウンターが1つ動くという構造で、割合に誤差は大きいものであるが、建設省の現場事務所あるいは6大都市あたりではこれを広く採用しているようである。そはからもう1つはトレッドル方式といって、踏板を車が踏むと接点が閉じる。要するに踏板を車道の中に仕込んでおき、その上を通るときに踏んで接点が閉じるという、電気式のコンタクトで数える方法である。

* 正員 工博 京都大学教授 工学部土木工学科

もう一つは光電管を使う方法がある。これは路側に光電管を立てて、光りをあてておいて、車が横切ったときに光りが遮断され光伝管の電流が変わるのを記録するというやり方である。

もう一つはレーダーを使う。例えば橋梁のガード下にぶらさげておくと下を車が通ると、車から反射してかえってくる電波によって車が通ったことを探知するというやり方である。

次は磁気型、つまり舗装の中に径 2 in, 長さ 15 in くらいのソレノイドを埋め込んで磁場が作ってある。その上を車が通ると磁場が乱れるのを記録するものである。

磁気型のもう一つは励磁型といって、2つのコイルを使って、フェーズをずらせておいて、ずらせることによって、車のないときはインプットとアウトプットが消し合うようにしておく。車が通ったときにそのバランスが破れて、アウトプットから読みとれるようにリレーが働くというやり方である。これはアメリカなども使っているが、それ以外の国でも使っているようで、最近着いたソ連の雑誌(自動車道路 1961年1月号)をみるとトピアで、こういった磁気型と思われるものが使われた例が紹介されていた。舗装の中にわく型のアンテナを埋め、その上を車が通ったら磁場の乱れをキャッチする機構である。はじめ記録装置の方に真空管を使っていて、かなり誤差があったが、トランジスターにかえてから非常に精度がよくなり、交通量の観測誤差が24時間交通量で12000台以下の交通量に対し1%くらいだといっている。トラックと乗用車の区別もできるようになり、その誤差は、10%くらいと述べられている。この車種別分類のやり方は、トラックと乗用車は路面からの床の高さが違うので、低い乗用車には感応して、高いトラックには感じないように電磁リレーを調節しておくわけである。

つぎに、超音波を使うのがある。これはやはり上から超音波を舗装面に向かって巾の狭いビームにして、送り出し、その反射をピックアップで受けるのである。下を車が通ると、その波が乱れるのでリレーが働く。

もう一つは赤外線を利用するものもある。これは上述の光電管と同じことで、赤外線に感ずるものを使う。これも二種類あり、自分の機械に赤外線を発する赤外線源をもっており、その反射してくる光線が自動車で切られたときそれを記録するものと、もう一つは自動車の方から出る熱に感ずる方式である。以上のようにいくつかのメカニズムがあり、それらを使い交通量のあるいは交通流の観測をやっている。

つぎに電子計算機であるが、前述した交通量の観測は、いままでは日本ではほとんど24時間観測はやらないで、12時間観測とか、10時間観測をやっていたが、最近ではトラフィックカウンターの連続式ができたため

に、24時間観測が行なわれるようになってきた。1年中機械をかけっぱなしにして24時間観測を続けてやる。アメリカではこれが非常に早くから一般化しており、24時間観測が常識になっている。もちろん全国的ではなく、要所要所に24時間観測をやる観測点が配置されており、アメリカでは24時間交通量が、基準の単位になっている。

わが国では、24時間交通量をとるには、いままでは資料が少な過ぎたので、12時間交通量をとったのであるが、だんだんと計器ができ、24時間計測がとれるようになってきている。資料は機械にかけて自動的に記録させればよいが、あとの解析が非常にめんどろな仕事が電子計算機むきで、最近データの処理に活用されている。つまり電子計算機を使うことにより、各1時間ごとの記録はもちろん、15分ごと24時間の交通量の記録がナマで合計されて出てくる。それから24時間の平均1時間交通量、また、24時間の中の一番高い8時間は何時から何時までか、またその8時間の平均1時間の交通量はいくらということも、計算機に命令をいれておけば自動的に計算してくれる。8時間交通量が24時間交通量に対する比率とか、午前のピークは何時から何時まで、そのピークの平均1時間交通量はいくら、あるいは正午前後のピーク、午後のピークはいくらか、など必要なだけ計算してくれるわけである。

しかし、こういう作業をやるためにはトラフィックカウンターでとってきた記録から電子計算機のテープにパンチしなければならない。この作業はかなり人手を要する面倒な作業である。まだできていないと思うが、これからトラフィックカウンターの記録装置を改造して、直接計算機のテープに孔をあけるという方法で記録ができれば、そのテープをもってきて、電子計算機に放り込んでおけば計算ができパンチャーの仕事がはぶける。こうなれば交通量の計算も、ほとんど100%自動的ということになるが、だんだんそうなるだろうと思う。

現在われわれの研究室でも、近ごろ高速道路に使うクロソイド曲線の計算の仕方のプログラミングを研究している。このプログラミングをつくっておけば、インターチェンジのところの線形が、計算機にかければすぐでくるということで、これも一つの活用法である。プログラミングをつくることは若干頭がいるので、前の例よりははるかに頭の仕事である。計算機が根気のいる仕事をコツコツとやってくれるという性能を利用するだけでは、電子計算機の利用も大したことではないが、一つはつぎのような使い方がある。それはいろいろな交通解析を行なうということによって交通工学での一つの進歩であろうと思う。いままでは、例えば交差点の信号周期を決めるとか、あるいは交通の流れ方を是正するとか、規制する

という場合に、現場のデータを観測して、その信号周期を変えたり、信号時間を変えたり工夫するわけであるが、観測のために現場の交通を乱すことになるしめんどろなので作業を計算機の上でやれば、実際に障害を与えることなく、いろいろ条件を変えて机の上でやれるわけである。現在にもない交差点に新しい道路をつくって、交差点をつくったらどうなるかという架空の場合も設計できることになる。そういう意味でこういう例を計算機でやれることは一つの進歩であろう。

以上については建設省土木研究所の枝村技官が昭和35年度に土木学会関西支部で行なった「高速度計算機の土木工学への応用」という講習会で講演され、パンフレットにその一部が述べてある。なお本日、この年次講演会で、この中部支部の渡辺先生と建設省九州地建の藤井君が平面交差点におけるトラフィック シミュレーションについてという題で研究発表をされたのがその一つの例である。こういった研究はアメリカではわりあい早くから行なわれている。大体計算機ができてからまだ15年しかならないから、終戦後実用化されてきたわけである。米国ロスアンゼルス市のガーロー氏は、非常に早くから電子計算機を交通工学に取り入れるべきことに着目、1952年にそういう論文を書き、その後ずっと研究を続け、最近までいろいろなトラフィック シミュレーションの論文を書いておられる。一昨年の夏にカリフォルニア大学をやめられモウールドリッジの電子工学研究所に入られたが、しかし、おそらく同じような研究を続けておられると思う。それからまたミシガン大学のグード教授も、専門は電気だが、1956年にすでに十字交差点についてトラフィック シミュレーションの解を出して論文を出しておられる。同教授は、そこの十字交差点へ流れ込んでくる交通量がいろいろ変わる場合、その信号の周期が40秒、60秒、80秒といろいろ変わる場合、その交通量のうちの右左折の割合が、違う場合など、いろいろなケースにわけ、そこの交差点にきて赤信号のためにとめられ、待たされる時間が遅れになるわけであるが、その待ち時間が平均1台に何秒になるかという計算をされている。

以上のようなことでこの交差点ではどうすれば一番遅滞を少なくすることができるかということが決まるわけである。信号周期の長さはいくらにすれば一番よいか、交通量がだんだんふえていけば、それに応じて信号周期はどんなように変えてゆけばよいか、などが決まってくるし、そこの交差点全体として一番遅れの少ないような信号時間はどういうようにすればよいかということもわかってくる。トラフィック シミュレーションのうちでは、この十字交差点の例はもっとも簡単なものである。

これは一つの交差点についてであるが、そういった交

差点が二つ、または三つくっついた場合といろいろケースを研究している。こういったシミュレーションは、交差点だけに限らないのであり、交差点と交差点の間の、つまり横から流入のない部分で、車が前にいる車をよけて右へ寄り、また、左へ移るというようにしてウィービング モーションをしながら走るわけであるが、そういった交差点のない区間の交通の流れ方についてもトラフィック シミュレーションがやられる。そういったことは、ガーローがカリフォルニア州のフリーウェーについてシミュレーションをやった報告がある。こういったことに使うのはデジタル コンピューター、近ごろよく使う計数型の高速度電子計算機である。電子計算機にはデジタル型のほかにアナログ型もある。アナログ型が一番簡単に応用される例として vehicle-actuated traffic control device というのがある。車が交差点へやって来て、踏み板を踏めば信号が青になる。これはアナログ コンピューターの応用とは限らないが、そういうメカニズムのもので、アナログ コンピューターが使えるのである。すなわちこのアナログ コンピューターでは時間とか、その交差点で待たされる車の台数とかをコンデンサーにかかる電気チャージで現わすと、計算結果は、そのコンデンサーの電圧として出てくるのである。だからその電圧をあらかじめある値に決めておき、そのコンデンサーの電圧が決められた値に達すればリレーが働いて信号が変わるというようにつくっておけばよいわけである。普通は十字交差点へ先にきたものが優先権があるわけである。もしもどの方向にも交通がなかったら、最後に通り抜けた方向にグリーンが出たままになっていることになる。

その次に、先にきた車が自分の進む方向へ緑を出す。一たん緑が出ると20秒とか30秒の一定の時間は緑という場合もある。それからそこへくる交通量によって緑の出る時間が変わる場合もある。要するにそこへきた車が、自分の車がきたことによって信号を動かすというのが新しい信号である。このように交通する車によって動かされる信号は十字交差点よりもむしろ五差路とか六差路というような複雑なところの方が能率がよい。

信号の出方は、順番に緑が出て移っていくわけである。そして交通が全然ないところがあればそこはとばしてしまおう。そういうのを普通に車両作動式というが、非常に交通量の多い路線が一つあるとか、高速で走るおもな幹線街路が一つあって、それに交差するあまり交通量の多くない路線がある場合には、そういう交差点では4方向の信号をつける必要はない。その小さい道路の方だけに Traffic-actuated signal をつけ、本線の方はいつでも緑にしておく。この小街路の方へ車が来るとそこが働くからしばらく経つとその方向に緑が出て、人が歩く時間、車が通り過ぎる時間だけ緑が出る。その間は本線の

方が赤になるが、一定時間たつと本線の方が青になり、小街路が一たん赤にもどる。一度赤にもどると本線の方はまた 40 秒とか 50 秒の時間は緑が出る。それだけ待たなければ次のサイクルがもう一度働かないというようになっている信号もある。こういうのは semi-actuated signal といっている。

このほかに volume-density vehicle-actuated signal というのがある。これは交通の頻度とか、反対方向からくる流れの密度とか、detector を動かしてから本当に緑が出るまでに待たされる時間の長さなどのファクターにより自動的にそこの信号周期を加減して長くしたり、短かくしたりする。これが比較的最近出た新しい形式の交通信号である。そのような交通信号を、市役所の交通局とか日本であれば警察本部の交通課などが中央でコントロールして、各交差点から電波で刻々その交通量記録が送られてくる。そのセンターで、各交差点の 4 方向の交通量が全部記録されるので、自動的にそこの信号周期が決まるというようにして、中央で全市の交差点の交通状態をキャッチし規制することができるようになってきている。

私が見たフィラデルフィアの市役所にはそういうセンターがあり、ロスアンゼルスでも使っているそうである。アメリカではこの方式が、かなり普及しているようだが、電子的な装置で、全市の信号を管理できるようになってきている。

それからもう一つは電子計算機を使って、今いったことをもっと本格的に行なう方法がある。交通をすべての道路網、街路網に配分する方法であるが、最近アメリカのミズリー州の州道路局では、自分のところで持っている IBM 650 を使って交通配分を行なうプログラミングをやったそうである。もっとよい機械でやれるようなプログラミングをつくればさらに速やかに大規模なものがやれるであろう。

安全交通という見地から考えると、特に高速自動車道路の場合スピードアップにより事故の激しさが一段ときつくなり、衝突したら人命にかかわるし、損害金額も大きくなる。交通事故を起こさせないためには、あらゆる努力を払わねばならない。

それについて、アメリカでもフリーウェイのインターチェンジでどういう事故がおこるか、事故の解析を本格的にやった研究が案外ないところがアメリカの Traffic Engineering という雑誌の今年の 3 月号に建設省出雲工事事務所長の定井氏が研究論文を発表しておられる。これはフリーウェイ インターチェンジの事故の解析という題で、同氏がアメリカに留学しておられた間の研究の一部であると思う。

紹介する時間もないのでちょっと触れておくと 15~16 の結論らしきものからさらに拾いだしてみると、ま

ず第一にフリーウェイの設計において一番重要なことは、visibility すなわち地物や前方が見やすいかどうかということである。見やすいように設計しなければならないことが一番大事なことである。次になるべくフリーウェイに入るときは上り坂で行って、出るときに下り坂で出る。つまりフリーウェイが上でマイナロードが下になる。流入するとき下り坂で入って行くとき速度が制限できなくて本線の高速車と衝突することが多く、流入するときには上り坂で上って、適当なギャップを見て流入をする。そして出るときには下り坂で降りる。そうでないとこれまた上り坂で降りると、そこで速度が落ちて危ないと述べている。

それから雨のときは特にクロバリーフ型の方がダイヤモンド型よりも事故が多い。だから雨の多い地方ではできればダイヤモンド型の方が好ましいといっている。これはその地形によってダイヤモンド型がとれるか、とれないかははっきりいえないが、とればダイヤモンド型がよい。特に町の中ではクロバリーフ型は用地が沢山いるので適当でない。それからもう一つ、都市の内部では特にクロバリーフ型よりダイヤモンド型が事故が少ない。それからトラックの混っている割合の大きいところでは特にそうである。そういったことを結論要約でいっておられる。

もう一つフリーウェイについて述べたのは、要するに定井氏も研究されているようにインターチェンジの出口、入口の斜路の所で事故が多いのである。そこで出口の形、斜路の形が直接流出型がよいか、それとも減速車線を設けて、減速してから出る方がよいかということと比較してやった論文がある。一昨年の Traffic Engineering の 12 月号に出た論文で、その学会の前会長賞を貰った受賞論文であるが、結論だけをいうと、今までわれわれは高速道路というものは入口から入ると、まず加速車線を 150 m か 200 m つけて、そこで加速し本線と同じ速度になったところで流れ込むということになっている。出るときも減速車線を造って、そこで本線からはずれて、その間に速度を落して徐々に降りていくということに決まっている。

ところが、加速車線を設けることが果たして有効かということを検討しているのである。結論は減速車線 U 型よりも直接流出型が車の走行上優れているということであった。つまり直接流出型は設計されたとおりの走行路線を画いて、そのとおり車が走っているが、減速車線型はそのとおり動いてくれない。つまり減速車線を使おうとすると、速い速度で走っている本線からまず右ハンドルを切って、すぐに左に切って S カーブを切り横の車線に移る車線に移る、それから速度を落す。時速 60 マイルで走っている高速車が S カーブを急いで切って、横の線に移ることは非常にハンドルが切りにくい。そして S カ

ープを切って、それからまた急カーブを曲って外に出てくるから非常にやりにくいので、つい運転手は急いで真ん中辺まで、そのまま走って行って、それから不完全なSカーブのようなことをやって逃げて行く。あるいは極端なものは端までぐらいSカーブを画かずに走り、端に行ってからSカーブを画かずに直接出て行く。そういう使い方をするので設計どおり走ってくれない。結局、本線の上で速度を落すから、後続車が追突の危険がある。後ろでもぶつかりたくないから前の車が出そうだと感ずると横に避ける。従ってその部分だけ交通容量が下がることになる。

これは出口についての研究であるが、入口についても例えばテキサスの農工大学のキース教授の研究がある。それによると加速車線があっても短かかったらほとんど使わない。約58%は加速車線があってもいままら本線に入る。これは加速車線が短かいからと考えて、特に長く造りかえたが加速車線を使ってくれるものは、ほんのわずかしか増えない。あまり加速車線を造っても有効に働かない。要するにSカーブを切って流入するというこ

とは運転手は好まないという結論である。

それから交通量がだんだん増えてくるにつれて、直接流入の傾向が多くなる。交通量が増えればギャップが見つけにくいから、加速車線をどんどん走って行ってその間にギャップを見つけて入ると思うのであるが、実際は直接流入が増える。ということは待っていたら終点に行っても入れないという心配があるので、とにかく加速車線に入らずにできるだけギャップを見つけて、早く強引に割り込む、割り込むと後ろの車が避けてくれるから入るのである。危険なことであるが、そういう運転をアメリカ人はやっている。

このように、入口についても加速車線を造ってもあまり役に立たない。従って日本では高速道路は加速車線、減速車線を必ず造らなければならないということは改めて考え直す必要があるように思う。

なおこのほか安全交通のために、照明の問題とか、いろいろ最近いわれておる問題があるが、一応この辺で私のお話を終る。

(1961年5月28日、名工大において講演)

土木設計便覧

▶ 新版

土木設計便覧
編集委員会編

7月下旬発売

特価 ¥2,700
(8月末日まで)

A5判 1,350頁
定価 ¥3,000

旧版を大型化して徹底的に改訂増補を行なった。道路編を新設し、鋼矢板工法を独立の編とし、便利で信頼できる設計資料編を設けて最新の実用的な技術を完全に網羅した。各種の工法について実例を挙げて解説し、ノモグラフや独特な数表によって具体的な設計実務に対する手引とするなど、現場技術者や施工技術者に直ちに役立つよう、理論の成果が明確に、使いやすい形にまとめられている。

主要内容 1. 数学 2. 応用力学 3. 水理学 4. 土質力学 5. 鋼矢板工法 6. 基礎工 7. 橋梁 8. コンクリート (AE コンクリート, コンクリート試験法および配合設計・鉄筋コンクリートの計算・プレストレストコンクリート・コンクリートポンプ・ダムコンクリート・特殊コンクリート) 9. 道路 10. 耐震構造 11. 仮設物設計資料 12. 設計資料 13. 示方書

日本橋
東京5番
東東(271)
電話代
東京2351
丸善

造船台とドック

鶴岡鶴吉 著
A4判 186頁
付図 3冊
定価 ¥3,500