

最近の道路工学の傾向

伊吹山 四郎*

1. はしがき

戦後の自動車輸送需要のいちじるしい増大は、交通量の増加のみならず、車両の大型化あるいは重量化をとめない、またその高速化をもたらした。

このような自動車交通の質と量との変化は、道路整備の飛躍的な促進にともない、道路工学のあらゆる面に刺激を与え、進歩をうながし、その結果、全く面目を一新したといっても過言ではないであろう。特に、道路交通現象の把握を基礎にした交通工学を中心とする分野の進歩は、注目に値する。ここに、各部門にわたる最近の傾向についてその一端を紹介する。

2. 道路計画

増大する自動車保有台数に対して、社会資本としての道路資産がいかにあるべきかの観点から、自動車1台当りの道路資産を道路原単位と称して、これによって道路投資を求めるマクロ的計測アプローチが、第2次ないし第4次5ヵ年計画において試みられ、多くの利点が認められた。

一方、計量経済学的手法としての個別的、具体的な便益、たとえば最も把握しやすく、理解されやすい走行経費節約効果、あるいは輸送時間短縮効果、交通事故の減少効果、交通混雑緩和効果、工業開発効果、生産、輸送計画の合理化効果などの計測が多くの道路計画において試みられ、また国民総生産などの経済指標、あるいは土地利用との関連における将来交通量の予測、道路網における交通配分等に対する実証的研究が行なわれ、資金配分計画ないしは投資規準の確立へのアプローチが行なわれている。

今後は、自動車の普及と道路整備の進捗とによって、時間価値の比重が増大し、その結果最短路のアプローチ

* 正会員 工博 建設省土木研究所千葉支所長

が重要になるのではなかろうか。

第5次5ヵ年計画の高速道路網設定のアプローチも、都市間の交通需要を、都市間の将来走行時間の関数として求めている。このことは、輸送時間短縮効果を都市間交通需要の要因とみなしたことと解してよいであろう。

一方、公共投資の目標からいって、最適投資配分を地域産業連関プログラミングモデルとして、国民経済的観点に立って総括的な、社会的経済厚生を最大化を目標として求めるという努力がいろいろとなされている。もちろん、まだ完全といえるものはないが、前述の実証分析と対応させることによって、より完全な形への移行が期待される。都市内交通のための街路は、市街地再開発を含めた総合都市計画の観点から整備されねばならぬことは、最近特に強調されているところである。

3. 幾何構造

現在、道路協会の幾何構造小委員会で作業を進めている道路幾何構造要綱は、最近の幾何構造に関する動向をとりまとめたものであって、在来の道路構造令の規準に大変革をもたらすものといってよいであろう。

内容は、車線主義を骨子として、線形全般の再検討、路肩幅の拡大、中央分離帯の活用などの改善、平面交差点、インターチェンジないし単純立体交差の構造、自転車道などの新しい事項の規定のほかに、交通安全のための安全施設、歩道の積極的設置などを強調している。

一言にしていえば、この新しい要綱は、交通工学的見地から、在来の道路の幾何構造を再検討したものといえよう。

特に、道路の線形全体としての均衡については強調しているところであるが、この客観的基準についてはすべてが明らかになっていない。

平面線計と縦断線形との組み合わせの客観的評価の方法として、透視図の利用が叫ばれている。しかし、その作図があまりにも手間と難点をふくんでいたが、東京大学の

丸安研究室において電子計算機による自動図化に成功し、ついで建設省土木研究所で自動図化から進めて、ブラウン管上に 0.25 sec という短時間で投影することができるようになった。

これは、文献上から調べた限りでは世界に例を見ない。さらに、模擬運転装置（シミュレーター）と結びつけることにより、投影の連続自動化とあいまって、その客観的評価を行なうのに役立たせようとする方向に進んでいる。

また、近時道路の景観への適合、道路環境の整備のための景観工学も新たな話題であり、高速道路を中心として、努力が続けられているが、本来 Engineering と art との中間にあって、より多くの客観性が要求されている。

平面交差における安全島、導流島、左右折車線、すなわち交差交通の導流化は、交流の安全と効率に大きく影響するものであり、重要目標の一つとして努力が続けられている。

立体交差（単純立体交差およびインターチェンジ）の選択基準、形状種別ごとの得失も議論の多いところであり、系統的な分類、客観的、定量的なルール確立に多くの努力が払われている。

交通安全の見地から、出入制限、歩行者と自転車の車道からの分離、自転車道、自転車歩行者通行帯、歩行者専用道路の新設は、在来の混合交通を一新することを意図したものであるが、これらの細目の妥当性については、今後の実施の義務づけと経験の積み重ねによって検討する必要がある。

また、わが国のような降雨量の多い国においては、幾何構造設計の当初から、排水を念頭におかなくてはならないが、在来ともすれば不十分であり、本要綱でも特に意を用いたところである。今後確率雨量に対する水文的研究が問題となるであろう。

4. 土工の施工と軟弱地盤などの処理方法

早急な道路整備の必要性は土工の迅速化と土工単価の低廉化を要求されており、これは結局、取扱かい土工量の単位の増大、切盛りの延長差、土工機械の運用能率などに左右される。

したがって、契約単位の引き上げも問題であるが、PERT/CPM といった施工の合理化手法が導入されてきた。今後さらに活発に用いられるであろう。

また、計画路線の当初から比較のための概略設計を十分検討する方法としての航空写真と電子計算機の組み合わせについての精度の向上と一貫したシステムの確立により多くの努力が払われ、またこの方法が広く用いられるようになるであろう。

そして、わが国に多く見られる高含水比粘性土の土工に対して、排水溝の設置、防水布の使用、ディスクハローを利用しての曝気、乾燥工法などが試みられてきている。

一方、trafficability の規準値としての cone index、あるいは一軸圧縮強さが用いられ、必要最低値の cone index が大体の目安として得られたが、さらに共通的な基準値の決定への努力が続けられるのであろう。

なお、cone index 1~2 程度に対する湿地用施工機械の開発と盛土の圧縮の量的な推定の確立、remold された粘性土の強度の回復を土工設計に利用することの可能性について、さらに進展するであろう。

一方、このような高含水比粘性土の土質改良法として、Fe-石灰、吸湿材の添加、砂などの粒状材料の粘性土との交互まき出し法などが実施されている。

なお、盛土の安定と沈下に対する軟弱地盤の処理工法としては、プレローディング、パーチカルドレーン、サンドコンパクションパイルのような圧密促進工法や、パイロフロテーションのような振動締固め工法など、きわめて多くの新しい工法が実施されたが、適用に当っては、工事の規模、施工の難易、工期および経済性などを考慮した上で、盛土高、成層状態、土質などにしたがって選定を行なう必要があることが、過去の経験、調査によって明らかとなった。

また、在来の地すべり防止工法に加えて、鋼ぐい工法、アクリル系樹脂によるケミカルグラウト工法のような新工法も開発され、実用された。

なお、よう壁土圧に関する実験的研究、降水による盛土の破壊現象の解明などの基礎的研究も続けられているが、今後の成果が期待される。

5. 路体の層構造的な研究

在来の上方向へ漸増する弾性係数の各層を積み重ねるといった路体設計の考え方に対し、多層構造的な研究が行なわれるようになったのは、注目すべき事項である。

これは、多層構造における表面沈下量の近似計算法を求め、これから舗装の設計を行なわんとするものであり、比較設計を行ない、現場実験3ヵ年間の供用結果は良好である。

これの一つの形として、特に軟弱地盤の路床土上に半剛性（ソイルセメントのような）の層をつくることにより、舗装全厚をかなり軽減するといういわゆるサンドイッチ工法も実施されている。

なお、アスファルト舗装の設計に使われている CBR 法に、AASHO の試験道路の舗装厚指数を加味した設計曲線の提案は、後述するように今後のアスファルト舗装

の設計に大きな影響を与えるであろう。

6. 安定処理工法

ソイルセメントの施工実績は、昭和34年の31件30万 m^2 から昭和40年の208件203万 m^2 に増大している。また、添加剤としてのリグニンの効果などについての研究も行なわれている。一方、従来利用されてきたアスファルト浸透式マカダムやソイルセメントにかわって、ここ4,5年来アスファルト安定処理層が用いられ始め、今後も利用が増加の傾向にある。その配合設計のための基準は、暫定的にわが国の現在までの施工例と諸外国の報告を参考にしながら定めているが、その施工基準は未制定であり、さらに経験的積み重ねが必要とされる。また、消石灰、セメントの添加の効果なども研究されている。

化学的安定処理も、また最近多くのものがあらわれ、また研究が積み重ねられている。

在来から用いられた石灰安定処理に加えて、石灰-石こう安定処理、消石灰と酸化鉄の微粉末よりなるFe-石灰工法などが実用され始めている。今後このような安定処理工法も、現場における施工方法の開発、価格の低廉化が図られるならば発展の可能性がある。

なお、寒冷地における凍上対策については、北海道開発局において引き続き研究し、抑制層材料の種類に関係なく路体の厚さを増せば、施工直後に得られる路盤支持力の値も大きく、また融解期に確保できる支持力値も大きくなることを明らかにし、また火山灰や砂等を砂利や碎石等の代わりに抑制材料として用いることに対する実験などを行ない、地方産出材料の活用による安定処理工法を解明した。

また、沖縄が主として産出するコーラルリーフロックも維持補修用を主体として、次第に利用されつつある。

7. アスファルト舗装

舗装の設計に関連して土研の開発した自動積算式の走行車両重量計は、わが国における交通車両の輪荷重は、諸外国の測定結果に例をみないほど大きいことを明らかにした。

これにともない、アスファルトの構造設計に用いられている在来のCBR法について、その試験方法、設計曲線に大型車の重量と台数を決定要素として入れること、前述の舗装厚指数などが問題とされ、アスファルト舗装要綱の改訂が討議されている。

新しい設計法の原案の根拠は、前述のAASHOの道

路試験の舗装厚指数の導入、その他の最近のわが国の実験や、各種の測定結果を大幅に取り入れている。

なお、フィラーの種類および量が、水浸安定度および空げき特性に関係あることを明らかにされた。

また、寒冷地における磨耗層の配合設計については、冬季タイヤチェーンに対するすりへり抵抗性が大きく、夏季には所要の安定性を確保できることを目標としての研究が続けられ、成果を得ている。

将来の長径間橋梁の活荷重を極力減らすために、橋面舗装用として、高分子材料を用いた薄層舗装の各種について比較研究が行なわれ、さらに実橋を用いた試験舗装を計画中である。

なお、グースアスファルト、フォームドアスファルト、ゴム化アスファルトなど新しい工法が出現し、それぞれの特長にしたがって、実用されているのが最近の傾向である。

一方、アスファルト舗装の破壊の原因について、組織的に調査しようという気運が高まりつつある。前述のようなわが国の活荷重条件から考え、各種の因子の組み合わせによる試験舗装が、土研の延長の試験舗装(37種類)を中心として開始され、今後継続的に行なわれる予定である。

なお、現道舗装の目的で簡易舗装が活発に施工され、タール舗装、防じん処理等についての研究、試験舗装が実施されるとともに、簡易舗装要綱の作製によって在来ばらばらに実施されていたこの方法の規準が与えられたことは、今後の施工量の増大を期待させるものといっようである。

8. コンクリート舗装

新しく提案されたコンクリート舗装の設計法は、輪荷重応力および温度応力ならびに両者の組み合わせについての実験的研究によるもので、コンクリート版のうち最も応力条件のきびしいところは隅角部ではなく、縦縁部であることを明らかにした。

これをふくめ、コンクリート舗装要綱は全面的に改訂された。特に、鋼材の使用がコンクリート版の構造強度を増す上にきわめて有効であることが実証されたため、ひびわれの進行を防止するために鉄網を、また横目地にはダウエルバー、縦目地にはタイバーを使用することを原則とすることに改めた。

また、コンクリートの設計基準強度は在来 $40\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上とされていたが、 $45\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上に改められた。なお、配合強度について割り増し係数を1.15としているが、曲げ強度についての変動係数が10%以下の現場が80%を占めている。

舗装用コンクリートのコンシステンシーを測定するための振動台式コンシステンシー試験方法が開発された。これは施工の機械化の普及にともない、ワーカビリティの重要性が認識されたためであり、またこれにより容易に最適粗骨材量を求めうるものである。

骨材は、砂利の入手が困難になってきたので、砕石が次第に用いられるようになりつつある。

養生期間は、現場養生で曲げ強度が 35 kg/cm^2 に達するまでの期間とするよう改められた。

また、早期に交通供用する目的で、プレミルグドセメントコンクリートの試験舗装が、かなり実施された。

プレストレストコンクリート舗装、連続鉄筋コンクリート舗装等の特殊コンクリート舗装は実用化のための現場試験の段階であるが、中でも千葉県下の海岸埋立地に行なわれたものは、4ヵ年計画2東線合わせて延長7kmにおよぶもので、版厚12cmであり、その供用実績が目玉される。

以上を要するに、コンクリート舗装、アスファルト舗装ともに構造的な研究が進み、クラックのない耐久性のある舗装への動きが高まりつつある。

9. 路面の性状、すべりおよび平坦性

最近の高速道路の建設をふくめ、一般的に高速で走行しうる道路の建設にもなって、路面の性状が従前に比べ問題となってきた。

すべりについては、その測定方法から出発して、雪氷時にもふくめた対策に至るまで、数多くの研究と経験が積み重ねられた。

特に、土研の過去8ヵ年にわたる研究は、種々な資料を提供した。たとえば、コンクリート舗装のすべり摩擦係数は、良好なすべり摩擦係数を持つアスファルト舗装とほぼ同じであること、いずれの場合にも表面の凹凸、人工的な切込み溝等は、すべり摩擦係数の増大に役立たないこと、速度および温度によって変化すること、アスファルト舗装においては、骨材とアスファルト含有量とによってある程度推定できることなどを明らかにした。

特に、曲線部における横すべり摩擦は、車輪が回転しているときは、ほぼ縦すべり摩擦係数に等しいが、輪荷重およびプレーキ力の不均衡も加わって、制動時には横方向のすべり抵抗力は非常に小さくなるので、曲線部などでは0.45以上であるよう提案された。この値は、速度補正をほどこせば、イギリスの道路研究所の研究と良く一致している。

しかし、最近話題となった高速走行にもなるハイドロプレーニング現象については、なおこれからの問題であり、研究が着手されようという状況である。

また、冬期における道路交通の確保という面からの氷雪路面のすべり対策も、土研、北海道土木試験所によって研究された塩化物散布、電熱融解、人工なだれなどの方法が各地で実用されつつある。

また、長岡市による散水消雪も地下水利用によって成功した例である。なお、重機械による除雪処理は全国的に行なわれ、効果をあげているが、最も重要な点は、氷雪路面情報の迅速な入手であり、この問題について、名阪国道などで試験的に実施されている自動検知装置の成果を期待される。

路面の平坦性は、新設道路ほど向上しており、これの補修限界との関連が検討されており、舗装のひびわれ破壊以前の補修として、今後問題となるであろう。

10. 長大構造物

若戸大橋に引き続き、本州四国連絡架橋の計画が話題を呼んでおり、また関門架橋は実施に近づきつつある。

一方、東京湾環状道路の計画にも、海峡連絡道路の部分があり、橋梁かトンネルかのいずれかが必要となる。

本州四国連絡架橋計画に関連して国鉄と建設省とが土木学会に委託した技術調査委員会の成果は、今後建設されるであろう長大橋梁の技術資料として大いに役立つことは疑いのないところである。

一方、トンネルも関門トンネル、栗子トンネルに引き続き、恵那トンネル(延長8km)が着工の運びとなっている。道路トンネルは、鉄道トンネルにくらべ断面が大きいことが施工上の問題であり、また換気用施設も必要とする。

前者については、岩石用全断面自動掘削機の試作が、昭和41年度に、後者については換気用立坑自動掘削機の試作が昭和42年度に行なわれた。これらの成果は、長大トンネルの建設に寄与するであろう。また、羽田トンネルに用いられた沈埋式工法が、今後より広く水底工法として、利用されるであろう。

11. 交通安全施設

交通安全施設の整備は、建設省の重点施策として、特に取り上げられているところであり、防護柵、立体横断歩道、照明などに多くの改良整備が見られた。

防護柵は、その整備とともに、その構造の改良が試みられ、強支柱、弱帯鋼型の現在の形式が実際の事故に際し、支柱への衝突、帯鋼の切断など不十分であることが指摘され、逆に弱支柱、強帯型が考えられている。また、立体歩道橋は盛んに建設されているが、今後は、都市改造と結びつけて、立体歩道専用空間に発展すること

も考えられる。

同じく、安全施設としての照明の効果も、認識が深まりつつあり、その国際的基準の設立も問題とされるが、まぶしさおよび光源の問題も、まだ議論があるところである。

12. 道路交通の運用管理に関する施設

道路工学が道路の建設をもって終りとし、道路がその目的にしたがって運用管理されることを忘れ、またそのフィードバックが行なわれなければ道路技術の進歩はない。ここに、交通工学的見地の必要性和重要性があるのである。

いま、これを都市の街路に限って考えても、その効用と安全とは、その運用に多分影響にされることが理解できよう。

交通信号は、安全のために必要であるが、同時に交通を停滞させる原因であり、路線系統式、押ボタン式歩行者用信号、あるいは交通感應式信号が考えられたのもこのためである。しかし、さらに交通感應を電子計算機に結びつけて、多数の交通信号を操作する効率的な広域交通制御を図る段階にきている。

道路標識も、見やすさの改良のほか、今後は在来の

禁止と警告のための標識から、運用のための案内標識などの整備に、その重点を移さなくてはならない。

いずれにせよ、電子技術の発展は、道路交通の運用に数多くの有用な道具を提供してくれるであろう。

13. 結 び

ごく最近まで自動車運転手といえば、ほとんどが職業運転手であった。しかし、いまや自家用車の時代が始まりつつある。建設省の道路整備の長期構想でも、わが国で20年後に1戸1台の自動車時代を予想している。

すなわち、われわれは今ようやくモータリゼーションの時代を迎えつつあるところなのである。交通量は、これから増えるのである。

大型化についても、コンテナ輸送が軌道に乗り始めれば、これまた在来の考えを一新しなければならないであろう。しかし、現在でも道路整備への格段の努力にもかかわらず、その混雑と交通事故とは、まだ増大の勢に衰えを見せず、さらに激しさを加えつつあることも衆知の事実である。

したがって、いっそうの努力と工夫とを道路工学に要求されており、道路工学の成果が期待されるのは、まさにこれからなのである。

ラテイス発行/丸善発売

地下水の力学

ベ・ベ・クリメントフ/ゲ・ベ・ブイハチェフ著 外尾善次郎・永井正夫訳 A5・¥2,400

工業用水、土木、鉱山、石油採掘、農業土木、都市工学、またトンネル掘削、地下鉄建設等の分野において、地下水は重要な問題である。本書は、地下水を工学的に水力学的にとらえ、たんに定性的な考察でなく、定量的な解析を行なったきわめてユニークなものである。浸透の基本法則、組成が一樣な岩石中における地下水の定常流と非定常流、自由地下水位の上昇、水理施設の下部における地下水の運動、集水設備に対する地下水の運動、帯水層の弾性状態についてわかりやすく述べている。土木関係分野の第一線で活躍する技師にとって地下水を力学的にしかも容易に把握できる唯一の書。

グラウトハンドブック

理博 浜野一彦著
B6・¥1,500

軽量骨材資源

岡野武雄著
新書判・¥480

図解ボーリング便覧

通産省地質
調査所試験課編
A5・¥980

M

丸善

東京・日本橋
振替 東京5番