

道路の階層区分を考慮した 性能照査手法の意義と課題

下川 澄雄¹・内海 泰輔²・野中康弘³・中村 英樹⁴・大口 敬⁵

¹正会員 日本大学 理工学部 社会交通工学科 (〒274-8501千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail: shimokawa.sumio@nihon-u.ac.jp

²正会員 (株)長大 社会計画事業本部 (〒550-0013大阪府大阪市西区新町2-20-6)

³正会員 (株)道路計画 (〒170-0013 東京都豊島区東池袋2-13-14 マルヤス機械ビル)

⁴正会員 名古屋大学 大学院工学研究科 (〒464-8603愛知県名古屋市千種区不老町)

⁵正会員 東京大学 生産技術研究所 (〒153-8505東京都目黒区駒場4-6-1)

道路ストックを量から質に転換し、効率的な利用を図るためには、階層構造のネットワークに再編することが合理的であり、実現する性能目標に対し、その達成可能性を照査する必要があるが、これを真に実現するためには、関係者がその必要性や意義を共有し、より実践的な展開を図っていくことに傾注すべきである。

そこで、本稿では、これらに関するこれまでの議論や研究成果などを踏まえ、道路の階層化の意義について整理するとともに、道路の階層区分と性能照査を実践するための課題を、①道路の機能に応じた階層区分の設定、②階層区分ごとの性能目標の設定、③階層区分に応じた道路構造のあり方、④性能照査の実施と交通特性の分析の4つの観点から提示した。

Key Words : Road Network, Road planning, traffic-performance, hierarchical road ,examination method

1. はじめに

道路ストックの量から質への転換が求められる中で、コスト削減を図りながら最大の利用者サービスを提供するためには、個々の道路の有すべき機能を明らかにし、階層構造の道路ネットワークに再編することが合理的であり、そのためには、実現する性能目標に対し、現状での達成状況や道路の計画・設計時における達成可能性を照査する必要がある。

そこで、本稿では、道路の階層化の意義を整理するとともに、通行機能を重視する道路を中心として道路の階層区分とそれを実現する性能照査の方法と具体の展開にあたり解決しておくべき課題について、これまでの議論や研究成果をもとに提示するものである。

2. 道路の機能に応じた階層化の意義

(1) わが国における道路の階層化と走行性能

わが国の道路は、道路法により道路の種類が規定されている。その中では、道路の種類ごとに指定・認定要件

が定められており、本来であれば、道路の種類による都市や拠点連絡性の違いから、道路が階層化されるはずである。これに対し、わが国では、「種」と「級」によって道路が区分されている。ここで、級区分は、計画交通量と道路の種類、地形条件によって決定されるため、異なる種類の道路でも計画交通量によっては同じ級区分となってしまう、同じサービスレベルの道路を結果的につくり出してしまっている。さらに、わが国では、上記のように、道路の種類によって連絡すべき都市や拠点が異なっているにもかかわらず、接続する道路の種類や接続間隔、接続方式に関する規定が曖昧である。そのため、道路の種類に関わらず、数多くの平面交差点を設置し、サービスレベルを低下させてしまうこととなる。このことから、わが国の道路は、実態として高速自動車国道を含む自動車専用道路(第1種、第2種)とその他道路(第3種、第4種)による2つの階層にとどまっている。

この一例として、図-1は、道路交通センサによる全国の混雑時旅行速度の推移を道路の種類別にみたものである。これによれば、高速道路と一般道とは、旅行速度によって階層が明確に分けられるものの、一般道は道路

の種類による明確な差を見出すことができない。さらに、ここで注目すべき点は、高速道路と一般道の走行性能に30~40km/h程度の大きな差がみられることである。これは、高速道路に期待されるサービスレベルからすれば、一般道において低速域から高速域に至る間においてサービスの階層化がされていないことに、より問題の本質がある。

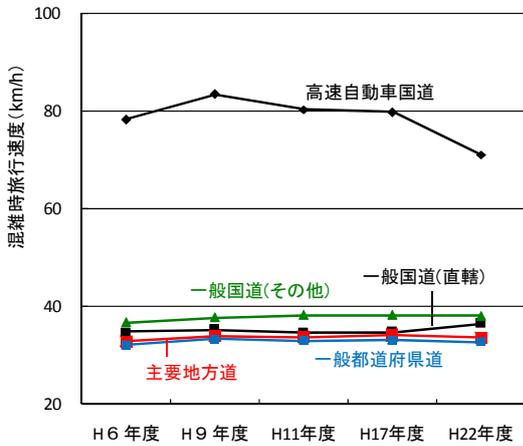


図-1 混雑時旅行速度の推移(全国)

(2) 道路を階層化することの意味

このように、わが国の道路ネットワークは、トラフィック機能からアクセス機能に至る機能分担が曖昧であり、そのために本来期待される機能が十分に発揮されていない現状に対し、階層性をもった道路ネットワークに再編することの必要性は論を待つものではなく、既に多くの論文でも提起されている。^{1)2)など}

一般に、出発地から目的地までの移動は、複数の道路を利用することにより達成される。その際、連絡する道路は、「下位」→「上位」→「下位」の階層に従って利用されることが合理的であることは明らかであるが、上位の道路階層ほど、ネットワーク密度が低く、自由度も制約される反面、高いサービス速度が期待される(図-2参照)。図-3は、道路階層が高速道路と一般道の2階層の現状に対し、一般道が複数に階層化された場合のトリップ長と旅行時間の関係を概念的に示したものである。現

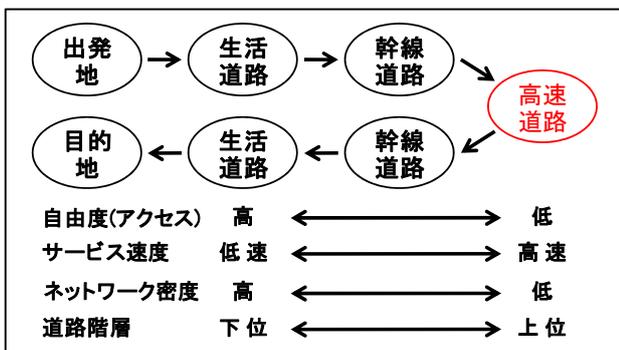


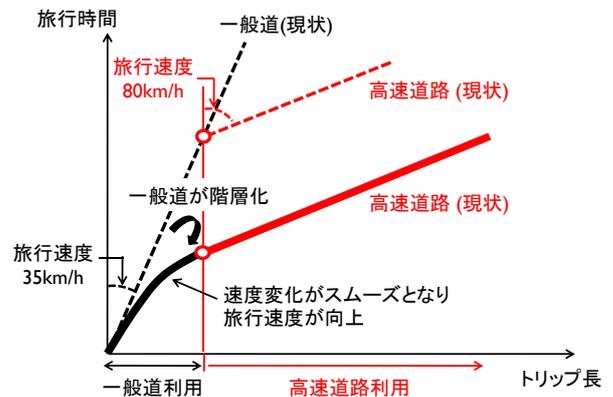
図-2 道路の階層と有すべき機能

状では、図-1にみられるように、35km/h程度(一定)の旅行速度で一般道を走行し、必要に応じ高速道路を利用して目的地に達する。すなわち、ある一定の移動距離において、道路利用者が享受されるサービスは、高速道路を利用できる機会(出発地から高速道路ICまでの距離)を考慮しなければ一様である。

これに対し、一般道が階層化され、図-2に示す機能が確保されているとすれば、長トリップ交通ほど上位の道路階層を利用する機会が多くなるため、サービス速度が相対的に向上するなど、利用者ニーズに即したサービスが実現することとなる。このことは、高速道路利用においても、アクセス道路の速度変化がスムーズとなり、より安全・快適で環境負荷の少ない走行環境を実現させる。

さらに、我々は常日頃より、幹線道路よりもショートカットできる裏道(抜け道)を利用し、その結果として通学路などに車両が進入して危険な状況を作り出したり、信号や駐停車車両により走行性を阻害する一方で、車両を止める場所がないため、違法駐車を蔓延させている状況を目にしている。このような毎日の生活において実感する身近で相反な交通問題は、道路の階層性の曖昧さが要因となっていることは明らかである(図-4参照)。

一方で、道路の階層化を実現するためには、それぞれが担うべき機能に応じた効果的・効率的な対策の実施が求められることとなるが、サービス提供者からすれば、厳しい財政状況のもと、合理的な道路投資が求められる中で、画一的な対策から交通運用を含めたより自由度の高い対策を講ずることを可能とする。



※一般道が階層化された場合を想定

図-3 道路の階層化によるサービス速度の変化

道路利用者や沿道住民の不満[例示]

- ・高速道路ができて便利。 ↔ ・高速道路を降りてから時間がかかる。
- ・速く行きたくても行けない。(信号や駐停車車両が邪魔) ↔ ・止めたくても止める場所がない。(駐停車禁止)
- ・幹線道路よりも裏道(抜け道)の方が速い。 ↔ ・通学路にクルマが入ってきて危険。

図-4 道路利用者や沿道利用者の不満

3. 道路の階層区分とそれを実現する性能照査の方法および課題

階層型の道路ネットワークを実際に構築していくためには、以下の4つの視点がポイントとなる。

- (1)道路の機能に応じた階層区分をどのように設定したらよいか。(道路の機能に応じた階層区分の設定)
- (2)設定した道路の階層区分に対してどの程度の性能目標を設定すべきか。(道路の階層区分ごとの性能目標の設定)
- (3)性能目標を確保するためには、どのような道路構造とすべきか。(道路の階層区分に応じた道路構造のあり方)
- (4)どのようにして性能照査を行うのか。(性能照査の実施と交通特性の分析)

(1) 道路の機能に応じた階層区分の設定

道路の機能は、一般にネットワーク機能と交通機能によって説明されるが、中村・大口ら¹³⁾は、ネットワーク機能を都市・拠点間の連絡スケール、交通機能を通行機能・アクセス機能として、ドイツのRAS-N⁴⁾を参考にわが国の都市構造や道路事情を考慮した道路の階層区分を提案している(表-1参照)。

この中で、機能Aの道路は、通行機能に特化した道路であり、わが国では、自動車専用道路が実質的に補って

いるが、高水準の機能が確保されていれば、自動車専用道路に限ることはない。むしろ、図-1のような状況を作り出さないためにも、上位の一般国道は、高速道路の代替区間や空白域などにおいて、この機能を担うべきであると考えられる。

一方で、わが国の道路は、道路の種類ごとに指定・認定要件が定められ、これらは都市・拠点間の連絡スケールによって説明される。表-2は、一般国道と都道府県道の指定・認定要件を比較したものである。これによれば、一般国道と都道府県道とでは連絡スケールに明らかな違いがみられる。また、道路の種類ごとにみると異なる都市や拠点を併せ持っていることがわかる。

表-2 一般国道、都道府県道の連絡スケール

	一般国道(道路法第5条)	都道府県道(道路法第7条)
都市	<ul style="list-style-type: none"> ■ 都道府県庁所在地都市などの重要都市(1号要件) ■ 10万人以上の市(2号要件) ■ 2以上の市(3号要件) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 市又は5千人以上の町(1号要件) ■ 2以上の市町村(4号要件)
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 特定重要港湾+α ■ 重要な飛行場(4号要件) ■ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 重要港湾・地方港湾など ■ 飛行場(1号要件) ■
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 施設 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 施設

注: 図中の赤い矢印と注釈は、都市要件の比較を示している。注釈1: 道路の種類によって、連絡する都市・施設レベルが異なる。注釈2: 同じ道路種類でも、指定・認定要件によって都市レベルが異なる。

表-1 日本の道路階層区分の試案

交通機能 連絡スケール (トリップ長)		通行(トラフィック)		アクセス			
		"highway"または『街道』		"street/avenue"または『街路』			
		A	B	C (主に大都市/都市部)	D	E	
I	大都市圏連絡(>300km) [首都圏~中京圏]*	(都市間高速) [東名]*	(非自専) [R1]**	-	-	-	
II	地域間連絡(100km) [中越~中通]	(都市間高速) [磐越]	(非自専) [R50]**	-	-	-	
III	市町村間連絡(30km) [修善寺~土肥]	(都市間高速) [圏央道]	-	主要道 [R136, 主要地方道/県道]	***	-	
IIIu	日常生活圏	(都市内高速) [首都高速]	[東京環七・横浜環二]**				
IV	毎日の買物圏	-	-	集落間道路 [市町村道]	幹線街路	-	
V	生活道路	-	-	-	住区街路 [補助幹線]	モール	
VI	地先道路	-	-	-	区画街路	コミュニティ道路	
		A _M (自専)	A	B	C	D	E

注) * []内はその区分に位置づけられるべき道路のイメージを示している。
 **あくまで参考として、路線の性格上位置づけられるべきポジションを示したもので、現状の道路構造や交通運用を意味するものではない。
 ***C-IIIは、大部分の現状の主要幹線道路が該当しており、機能上まさにグレーゾーンの道路であるが、これらの道路はA-IIIuとD-IVに再配分すべきであると考えている。

このことからすれば、個々の道路の指定・認定要件に遡れば、個々の道路を各階層区分に対応付けることは可能となる。しかし、実際には、一般国道の指定要件と高規格幹線道路の路線要件は概念的に重複したり、市街地や商業地域を通過し短トリップ交通を担っている上位要件をもつ一般国道も存在する。このため、道路の階層化を行うにあたっては、このような道路の指定・認定要件を参考にしつつも、道路の機能に応じた要件の再設定が必要である。

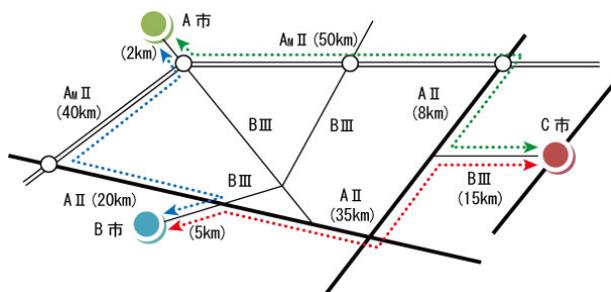


図-5道路ネットワークと階層区分

(2) 階層区分ごとの性能目標の設定

通行機能を重視した道路を考えた場合、都市や拠点間連絡の観点からすれば、それら相互間をどれだけの時間で連絡すべきかが重要視される。すなわち、都市や拠点間の目標旅行時間が本来目指すべき性能目標となる。

一方で、個々の都市・拠点間が目指す目標旅行時間は、個々の階層ごとに設定された目標旅行速度を積み上げることによって算出することができるが、この値は、地域やブロックが目指す目標旅行時間と同じかそれを下回らなければならない。これらを満足する各階層の目標旅行速度は、対象とする複数の都市・拠点間を連絡する目標旅行時間とこれを構成する階層別道路延長との関係から、連立方程式を解く要領で設定することができる。

例えば、生活圏中心都市相互を“60分”で連絡する目標をもつ地域において、対象都市間の階層別道路延長が図-5、表-3のとおりであった場合、それぞれの目標旅行速度が $A_{M-II} = 100\text{km/h}$ 以上、 $A-II = 60\text{km/h}$ 以上、 $B-III = 50\text{km/h}$ 以上であれば、目標旅行時間を実現することができる。

ここで、国土の形成や持続ある地域の振興や発展は、ヒトやモノ、情報の活発な移動にともなって実現するものであり、道路ネットワークは、それを支える根源的な社会インフラである。そのため、性能目標である都市や拠点間の目標旅行時間は、国や地域が目指す数値目標と整合性が図られる必要がある。

具体的に、平成20年7月に閣議決定された国土形成計画(全国計画)では、「「全国1日交流圏」の更なる充実などに向けて、ブロック相互を結ぶ道路・鉄道・港湾・空港等の国内交通基盤を総合的に整備・活用し、基幹的なネットワークや拠点の機能確保を推進する。」としている。また、多くの都道府県では、都市や拠点間を連絡する旅行時間に関する具体的な数値目標(時間交通圏構想)を有している。このようなブロック間ならびに各地域の有する性能目標(目標旅行時間)を用いることで、国や地域が目指す整備の方向と整合が図られることとなる。

(3) 道路の階層区分に応じた道路構造のあり方

実務において、道路の階層化の検討を行っていく際に

表-3 道路階層別の目標旅行速度とそれによって達成する旅行時間

生活圏 中心 都市間	目標 旅行 時間 (分)	階層別道路延長(km)			目標速度 による 旅行時間 (分)
		A_{M-II}	A-II	B-III	
A市-B市	60	40	20	7	52
B市-C市	60	-	35	20	59
A市-C市	60	50	8	17	58
目標旅行速度(km/h)		100 以上	60 以上	50 以上	-

は、各階層が道路構造令とどのような関係にあるのか、それぞれの対応関係を明らかにしておく必要がある。

山川ら²⁾は、表-1に示す各階層に相当する種級区分と設計条件の対応付けを行っており、この中では、種級区分を弾力的に運用することで、対応が図れることを説明している。一方で、これらの検討を通じ、通行機能を重視した道路において、道路の階層化を行っていくうえで、以下の点が重要であることが明らかとなった。

a) 設計速度と設計区間

道路の階層ごとに設定される目標旅行速度は、区間平均の旅行速度である。そのため、目標旅行速度を確保するためには、一定のサービスを提供する区間をどのように設定するかが重要となる。

道路の設計区間は、道路構造令の解説と運用⁶⁾では、道路の存する地域および地域の状況、並びに計画交通量に応じ、同一の設計基準を用いるべき区間であり、同一の区分を適用する区間であるとしている。つまり、設計区間は、同一の横断面構成を有し、1つの設計速度を用いる区間である。

ここで、設計速度は、道路の幾何構造を定める条件であり、設計区間において構造的に保障される最小のサービス速度であると考えれば、設計区間は、ある一定のサービス水準(平均旅行速度)を満足する区間として捉え直すことができる。すなわち、道路の階層は、設計区間を1つの単位として設定することが合理的である。

一方で、1つの道路階層においても、急峻な地形条件

を通過する場合には、設計速度を下げた設計区間を設けるなど、設計速度の異なる複数の設計区間を有する場合も想定される。このような場合にあっては、部分的に設計速度の低い区間を許容しつつ、これを含む全体として目標旅行速度を達成することを目指すべきである。

b) 階層間の交差・出入制限

表-1にもとづき道路の階層を割りあて、しかも道路の階層に応じて異なる目標旅行速度を設定したとしても、全ての道路が互いに交差していたのでは、結果的にサービスレベルに差は生じないこととなり、道路の階層化を行うことの意味を失ってしまう。そのため、道路の階層化に合わせて、交差すべき階層間をあらかじめ明らかにしておく必要がある。例えば、ドイツのRIN⁷⁾では、都市・拠点間の接続関係を図-7のように表現している。例えば、G(集落)やGrst(個別施設)からOZ(上位中心地)へは、階層IVやVを用いてMZ(中位中心地)を経由し、それから階層IIを用いて連絡することとなる。

また、これに加えて重要な点は、交差点の構造形式である。上記のように交差すべき道路の階層を限定すれば、交差点間隔は自ずと広がるので、旅行速度は高くなる。しかし、交差点密度が小さくても平面交差点では遅れ時間が生じ、旅行速度が低下することとなり、通行機能を重視する道路では、サービスレベルが著しく低下する。

そのため、交差する階層パターンと交差点間隔との関係や交差点の構造形式を加味した旅行速度の違いを明らかにしたうえで、階層ごとの目標旅行速度の実現を可能とする道路構造を提示する必要がある。

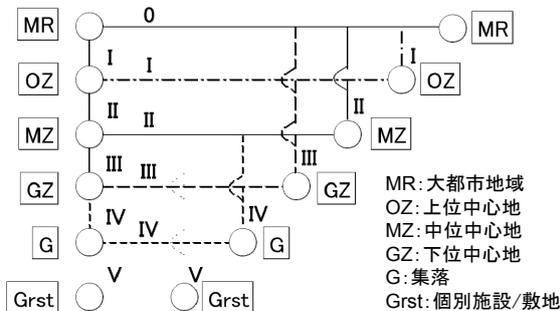


図-6 RINにおける道路機能階層

(4) 性能照査の実施と交通特性の分析

(2)で設定される階層区分ごとの性能目標は、あくまでも目標値である。そのため、現状での性能目標の達成状況や道路計画・設計時における達成可能性について照査(性能照査)を行う必要がある。一方で、性能照査を行うためには、交通需要と道路交通性能を踏まえ、対策案とそれによって実現する交通状況を適切に推定する必要がある。

a) 性能照査の意義とフレームワーク

わが国の道路計画・設計は、道路構造令にもとづいて

行われる仕様設計である。仕様設計は、ある一定水準の道路インフラを大量に整備するためには合理的である。しかし、量的拡大から質的充足を財政状況が厳しい状況下において実現するためには、目標とするサービス水準をあらかじめ設定し、これを満足する道路投資を行っていく、性能設計が効果的・効率的である。また、性能設計は、安全性や環境などの前提条件や制約条件は踏まえつつも、複数の解が存在し、解決策の自由度が高いメリットがある。

階層型の道路計画・設計は、階層区分ごとに性能目標を設定し、道路ネットワークの再構築を図ろうとする性能設計である。また、その性能照査にあたっては、図-7に示す手順が中村ら⁸⁾によって提唱されている。具体的には、道路の階層ごとに設定される性能目標と実現する交通状況との比較評価により行われるものである。この中で、(a)、(b)は、本章の(1)、(2)に相当し、(c)、(d)、(e)は、(3)および後述する(4b)に相当する。

さらに、下川ら⁹⁾は、この性能照査を実務として展開していくためには、道路の現状・運用段階における性能照査と計画・設計段階における性能照査が必要であることを指摘したうえで、道路行政マネジメントの一部として、PDCAサイクルの一環としてこれらを実践していく必要であることを示している。

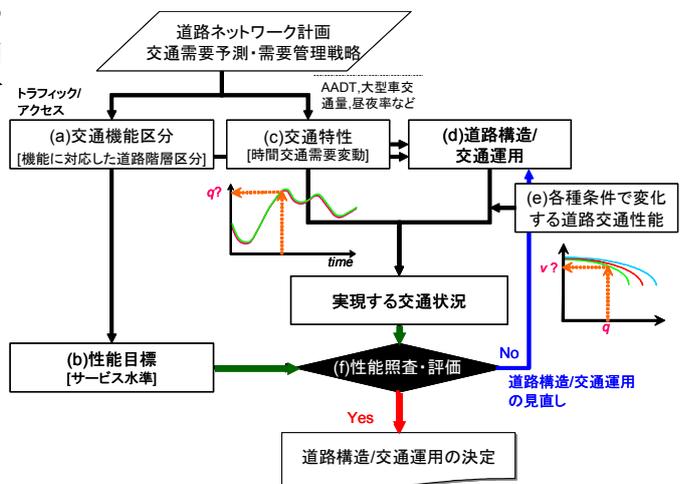


図-7 性能照査型道路計画・設計手法の流れ

b) 交通特性の分析

道路の合理的な計画・設計を行うためには、路線・地域特性によって大きく異なる年間を通じた交通需要の時間変動特性を的確に把握する必要がある。

これに対し、現行では、年間の上位30番目時間交通量を設計時間交通量として時間変動特性を扱っている。そのため、渋滞の影響などを含めて時系列的な交通変動特性を表現できていない。また、30番目時間交通量を推定するK値は、都市部、平地部、山地部の3区分としているため、再現性にも自ずと限界がある。さらに、交通

需要は、高速道路の無料化などの政策や社会状況によって変化することにも留意しなければならない。

このような点を踏まえ、内海ら¹⁰⁾は、当該道路およびその周辺で交通量データが常時観測されている場合とそうでない場合に分けて、変動する時間交通量の推定方法を提案している。今後は、このような先行研究などを発展させつつ、年間の時間交通量の変動をより正確に推定する方法を確立していく必要がある。

一方、対策案によって実現する交通状況を推定するためには、交通需要に加えて各種条件によって変化する交通性能を的確に把握する必要がある。

ここで、各種条件とは、高速道路では、天候や明るさなどの走行環境条件、大型車などの交通条件、サグ部や分合流部などの道路構造条件等があげられ、これによってQ-V相関が異なることはよく知られている。また、一般道では、このような走行環境条件、交通条件に加えて、交差点間隔や交差点構造、沿道との接続や副道構造などによって旅行速度が大きく変化する。

このような道路交通性能は、車両感知器データや実測データなどにもとづき数多くの実証的な報告がなされている。また、昨今の交通観測機器や手法の充実によって道路交通性能をより科学的に分析することが可能となってきた。

そのため、これまでの知見をもとに種々の条件によって変化する道路交通性能を体系的に整理するとともに、今後の充実するデータをもとにそれらを更新する仕組みを構築していく必要がある。

c) 道路交通性能と交通運用

性能照査による道路計画・設計が目指す姿は、より少ないコストで最大の性能を発揮させることである。そのため、年間を通じた交通需要の時間的変動を把握するとともに、それぞれに応じた適切な処方方を施すことが重要となる。

例えば、30番目時間交通量が卓越した道路では、これにもとづき道路構造を決定すると、過剰と思える車線数を必要とすることにもなりかねない。このような場合においては、交差点など道路構造上の対策に加え、リバーシブルレーンや路肩の動的車線運用などの交通運用策を講ずることが適当であろう。

すなわち、道路構造の改善によるばかりでなく、交通運用による工夫により対処していくことも念頭に、各種交通運用策の適用方法の技術的検討や実現する道路交通性能との関係について分析しておくことが必要である。

4. おわりに

わが国の道路を効率的に利用していくにあたり、階層型の道路ネットワークに再編することの意義は大きい。一方、これを実現するための課題は多く残されており、これまでの知見などを踏まえながら、これらを一つ一つ解決していく必要がある。

また、本稿では、通行機能を重視した道路を中心に扱っているが、アクセス機能を重視した道路の性能目標や道路交通性能などについても合わせて検討が必要である。

なお、本稿は、(社)交通工学研究会の自主研究「性能照査型道路計画設計のための交通容量とサービス水準に関する研究」における議論や検討成果を含むものである。

参考文献

- 1) 中村英樹, 大口敬, 森田緯之, 桑原雅夫, 尾崎晴男: 機能に対応した道路幾何構造設計のための道路階層区分の試案, 土木計画学研究・講演集No.31, 2005
- 2) 下川澄雄, 内海泰輔, 中村英樹, 大口敬: 階層型道路ネットワークへの再編に向けて, 土木計画学研究・講演集No.39, 2009
- 3) 大口敬, 中村英樹, 桑原雅夫: 交通需要の時空間変動を考慮した新たな道路ネットワーク計画設計試論, 土木計画学研究・講演集No.33, 2006
- 4) Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Leitfäden für die funktionale Gliederung des Straßennetzes RAS-N, 1988.
- 5) 山川英一, 阿部義典, 中村英樹, 大口敬: 階層型道路ネットワーク実現に向けた道路設計のあり方, 土木計画学研究・講演集No.41, 2010
- 6) 日本道路協会: 道路構造令の解説と運用2004年
- 7) Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für integrierte Netzgestaltung RIN, 2008.
- 8) 中村英樹, 内海泰輔, 大口敬: 性能照査型道路計画設計の考え方と検討課題, 土木計画学研究・講演集No.35, 2007
- 9) 下川澄雄, 内海泰輔, 中村英樹, 大口敬: 道路の階層区分を考慮した交通性能照査手法の提案, 土木計画学研究・講演集No.43, 2011
- 10) 内海泰輔, 中村英樹, 大口敬: 性能照査型道路計画設計における設計交通量の考え方, 土木計画学研究・講演集No.43, 2011

(2012. 5. 7受付)