

講 座

UDC 625.72/.73

道 路 工 学 特 論 III

道路の構造とその規格について

正 員 浅 井 新 一 郎*

1. ま え が き

過去半世紀における自動車の飛躍的発達に伴つて、その交通機関としての母体である道路の方もかなり著しい速度で改良されて行つたのであるが、今日なお、圧倒的な自動車交通をさばくに充分なほど道路は整備されていない。特に我国の現状は、残念ながら“自動車を通すための性格をもつた道路”さえやつと数える程しかないと云つても過言ではあるまい。

今日自動車と結びつかない道路は凡そナンセンスであり、我国の道路延長の大部を占めるナンセンスな道路に道路としてのセンスを与えること、即ち自動車を通すための性格を与えることが、自動車の持つ優れた機能を最高度に発揮させ、陸上交通に新しい息吹きを吹込むことになるのであつて、今日の道路改良の根本的な目標でなければならない。従つて、その目標の具体的な基準である道路の構造規格を考える場合もこの辺の思想がその出発点となるべきことは当然であろう。

現在我国の道路の構造上の基準は道路構造令（大正8年制定）及び同細則（昭和10年決定）によつてゐるわけであるが、最近新しい道路法の制定を機として道路の構造規格も前述の線に沿つて再検討し、改正を試みようとしているので以下その試案を中心として新しい道路構造の考え方を略述する。

新しい規格は街路構造の基本的部分をも含めて一本の構造規格とし、規格の種類としては次の様な考え方をとつてゐる。

- (1) 規格の段階を1級、2級、3級の3段階とし、路線の性格に応じて適当な規格を適用する様な方法を取り、規格に融通性を持たせる。
- (2) 各級の規格を地域的に都市部と地方部に分け、地方部を更に地形的に平地部、山地部の2種類として従来の丘陵部の規格を除く。

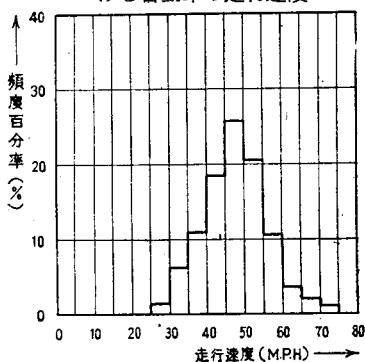
即ち、次の様な分類で規格を考えるわけである。

1 級			2 級			3 級		
地 方		都 市	地 方		都 市	地 方		都 市
平地	山地		平地	山地		平地	山地	

2. 設 計 速 度

道路の構造を決める第1の要素はそこを通る交通物に許すべき最高速度である。今日乗用車の普通に出し得る最高速度は140~150 km/h に達しており、欧米諸国の modern highway の走行速度は平均 50 M.P.H., 最高 75 M.P.H. となつてゐる。この様な高速

図-1 Modern Highway における自動車の走行速度



度を地形の険しい日本の道路に期待することは無理であり、又不経済であるにしても可能な範囲で自動車の速度を出させることは是非考えなければならない。

道路の重要性とその道路が通る地形、地域の性格をにらんで大局的に妥当な設計速度を撰択することは極めて困難な問題であり、その時の経済的な情勢によつても色々に動くものである。一方道路の性格を代表し又工事の経済性に最も大きく響くものは巾員であるので、各規格の設計速度としては、まづ基本巾員を後述の如く 5.00 m から 0.50 m 増しの5段階に分類し、それぞれの巾員に対して乗用車又はバス・トラックが出し得る最大すれちがい速度までの速度を構造上確保しようとする考え方をつた。

道路の巾員とすれちがい速度との関係については金子証氏の実験値（土木試験所報告第41号）により、

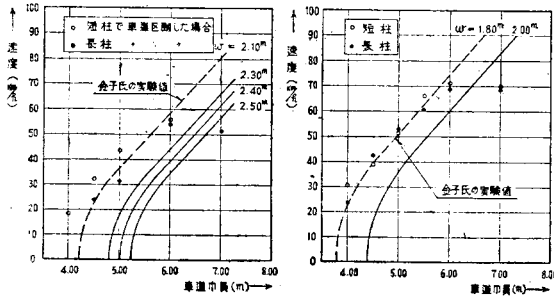
* 建設省道路局道路企画課

ただこの値が実験的な運転状態に基づくものであるので普通の運転状態に対する余裕を考慮して次の様な補正を行つている。

$$W = W_T + \alpha \cdot w$$

W_T : 金子氏の実験値
 w : 車体巾
 α : 0.1

図-2 車道巾員とすれちがい速度
バス・トラック 乗用車



即ち図-2 より各巾員に対するすれちがい速度を表-1 の様に出し、平地部及び山地部では乗用車の速度を標準にし、都市部ではバス・トラックの速度を標準にして表-2 の様に設計速度（構造上安全を保証すべき速度）を選んだ。

表-1 すれちがい速度 (km/h)

種類	基本 巾員 (m)	すれちがい速度			
		乗用車	バス・トラック		
			$W=2.50m$	$W=2.40m$	$W=2.30m$
1級	平地	7.00 (83)	57	61	66
	山地	6.00 (60)	35	39	44
	都市	6.50	71 (46)	50	55
2級	平地	6.50 (71)	46	50	55
	山地	5.50 (49)	18	26	32
	都市	6.00	60 (39)	35	44
3級	平地	5.50 (49)	18	26	32
	山地	5.00 (36)	—	—	15
	都市	5.50	49 (32)	18	26

表-2 設計速度 (km/h)

1級			2級			3級		
平地	山地	都市	平地	山地	都市	平地	山地	都市
90	60	50	70	50	40	50	35	30

3. 巾員構成

a. 基本巾員 道路の巾員は交通量とその道路の性格によつて決められる。同じ交通量であつても出来るだけ高速を確保すると云う意味で1級道路の巾員は2級道路のそれよりも広くすべきは当然であり、平地部は山地部に較べて勾配とのバランス、経済性等から巾

員を広くするのは又極めて合理的である。車線巾員としては AASHO の標準によれば交通量 200 v/h 以上に対し 12 ft, 200 v/h 以下に対し 11 ft を推奨しており、最小巾は mix traffic に対して 9 ft としてゐる。米国の高速道路においても2車線最大巾は 24 ft で充分と云われており、原案では設計速度がややこれより下廻ることを考へて、最大巾を 7.00 m とし、最小巾としては大型車がすれちがえるぎりぎりの巾員 5.00 m をとり、この間に5段階の基本巾員を考へてこれを道路の性格に応じてそれぞれの規格に当てはめ、これに対するバランスからそれぞれの設計速度を決めたわけである。

表-3 基本巾員 (m)

1級		2級		3級	
平地	山地	平地	山地	平地	山地
7.00	6.00	6.50	5.50	6.00	5.50

b. 巾員の増加 交通量の現状より推して我国の道路の多くは基本巾員を確保することによつて充分その目的を達し得ると思われるが、区間によつては到底2車線ではさばききれない交通量の所もかなりあり、又将来における交通量の増加を予想すると、交通量が基本巾員の capacity を越えた場合、巾員を如何に増加させて行くかと云うことも規格の上に明示しておく必要がある様に思われる。

道路の capacity については諸説があり、その値も極めて広範囲であるが何れも安全車頭間隔から直接的に求めた所謂 basic capacity であつて一般にかなり高い値を示している。しかし道路を理想的に利用するためにはこの様な basic capacity に達するよりず

表-4 一車線交通容量

式の提唱者	発表	走行時の車頭間隔 (ft) (V : m.p.h)	最大交通容量 (v.p.h)	同車速 (m.p.h)
Schwarter	1924	$2.933V + 14.7$	1800	∞
Schaar	1925	$0.213V^2 + 0.733V + 14.7$	1050	8.3
Johnson	1928	$0.5V^2 \dots + 15$	2800	34.3
New York Regional	1931	$0.072V^2 + 0.733V + 15$	1870	14.4
Johannesson	1933	$2.20V + 25$	2400	∞
Green-shields	1935	$1.10V + 21$	4800	∞
Clayton	1941	$0.05V^2 + 1.47V + 15$	1650	17.3

つと前の状態で capacity を抑えるべきである。米国での観測によれば自動車は前の自動車の速度に拘束を

感ぜずに自由に走行し得る時間的間隔は9秒となっており、この9秒以下の車頭間隔で走行している車の数が全体の約70%に達する様な交通量を practical capacity と考えて 800~900 v/h と云う数字を出している。

我国の場合はこれに更に緩速車と云う面倒なものが入ってくるので、その capacity は緩速車の数に応じて更に減少してくるわけである。混合交通における capacity については何れにしてもはつきりした数字を示す必要があるので一案を考えつつあるが未だ発表の段階でないので後の機会にゆづることとする。

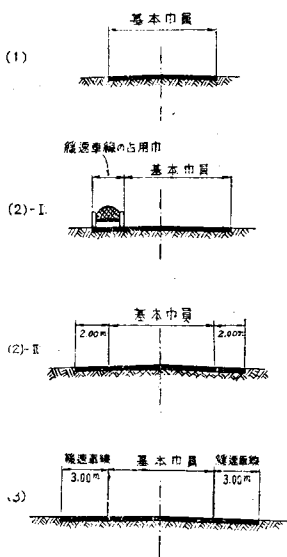
2車線道路が capacity に達して巾員を拡げる場合、自動車 only の交通ならば3車線、4車線と増加して行けばよいわけであるが、混合交通ではその前の段階として“緩速車の余裕を考えた2車線道路”と云つたものを考える必要があろう(図-3)。この意味で基本巾員を増加する手段として次の2段階を考えた。

(1) 高緩速車交通量が基本巾員の capacity を越えた場合、道路の巾員は(基本巾員+1.00m)、(基本巾員+2.00m)又は(基本巾員+4.00m)とする。

(2) 高緩速車交通量が更に大きな場合は基本巾員の両側に3.00mの車線を逐次追加して4車線、6車線の道路とする。

c. 分離線と分離帯 路面上の path を明確にしておくことは高速運転の安全、混雑防止の上からは是非必要であり、1級、2級道路は分離線(Lane Mark)で車線を分けることを原則とした。又同様な意味で4車線以上の道路のうち特に郊外地で speed の出る区間では往復車線の間に分離帯(Median Strip)を設けることも考える必要がある。分離帯の巾は対向交通の light の影響、U turn に対する必要等からは出来るだけ広いことが望ましく、米国の例では交通の種類によつては70ft位のものも考えられており、最小巾は4ftとしている。巾員を確保することの困難な我国の道路では分離のために必要な最小巾として50cm

図-3 車道巾員の増加



位が適当と思われる。

d. 路肩 路肩の効用としては次の4つが考えられる。

- (1) 舗装版の保持
- (2) 故障車の待避のための余裕
- (3) 高速を出すための clearance
- (4) 歩行者の通路、又は待避するための余裕

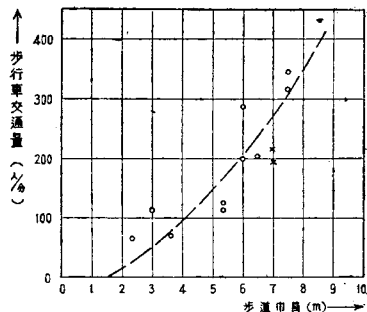
路肩巾は従来の構造令によればすべて50cmを標準としており、当時の設計速度60km/hに対してもむしろ狭少なすぎるのであるが、経済的な理由から路面維持のために必要な最小巾として50cmを規定した様である。しかしながら自動車が高速を出すためには路肩の余裕が是非必要であり、米国の Report によれば、車線外4ft以内にある障害物は車線巾員に影響を与えると云われており、8~10ftを標準としている。路肩としては速度を保持する上から最小4ft(1.20m)ほしいわけであるが、用地獲得の困難な事情を考えて設計速度70km/h以上のものについて最小1.00mの路肩をとることとし、その他の道路では従来通り50cmを最小と考えた。又1,2級平地部で1.00mの路肩をとつておけば故障車が路肩に止つた場合にも残りの舗装巾員内ですれちがいが出来る計算になるわけである。

表-5 最小路肩巾員(m)

1 級			2 級			3 級		
平地	山地	都市	平地	山地	都市	平地	山地	都市
1.00	0.50	—	1.00	0.50	—	0.50	0.50	—

e. 歩道巾員 1,2級道路の都市部においては車道の両外側に歩道を設けることを原則とする。歩道巾員はやはり歩行者交通量から決定すべきであるが歩道の混雑度を決め

図-4 歩道巾員と交通容量



註: ○は Traffic Eng. Handbook より (一方交通)
×は三越, 神田間歩道 (かたよつた往復通行)

図-4 の通りである。

4. 線形

自動車の速度が早くなればその運行の安全を確保するためには道路の線形についても充分な工夫がなされ

なければならない。

現行の構造令細則で考えている最大速度は 60 km/h であつてこれを 90 km/h に高めるためには当然線形の上に新しい考慮が必要であり、しかも分離線によつて車線を明示することになればこの必要は益々重要になつて来る。又、安全性と云ふことの他に運行の快適感と云ふことも近代交通の重要な要素になつて来ており、新しい規格の上にもこの辺の思想がかなりの weight をもつて考えらるべきことは当然と云わなければならない。

a. 曲線半径 最小曲線半径は、一般の曲線部を所定の最大速度で走行する自動車に加わる横力が一定限度（タイヤと路面との摩擦により支えられる限度）を越えない様にするに云う考え方から次式により決められている。

$$R = \frac{V^2}{127(i+f)} \quad R: \text{曲線半径} \quad V: \text{走行速度} \\ i: \text{片勾配} \quad f: \text{摩擦係数}$$

問題は f を如何にとるかと云うことにかかるが、これは路面の種類及び乾湿その他の状況、タイヤのトレッドの状態等により極めて広範囲な値を示している。平均的な値はコンクリート乃至アスファルトの路面の乾燥状態で 0.4~0.8 程度であつて速度が早くなるにつれて下る傾向が見られる。U.S. Bureau of Public Road では設計標準として速度 60 m.p.h に対して $f=0.16$ 、それより 5 m.p.h 増す毎に 0.01 づつ減じた値を限度とすることを推奨している。又、現行の構造令細則では $f=0.2$ を採つているが、原案では降雨時、凍結時の安全、乗心地等に対する配慮から 90 km/h に対して $f=0.1$ 、70 km/h 以下に対して $f=0.15$ を採用することとして最小半径を表-6 の様に考えた。なお片勾配としては後述の様に最大片勾配 6% をとるものとして計算している（都市部は $i=-0.02$ ）。

表-6 最小曲線半径 (m)

1 級			2 級			3 級		
平地	山地	都市	平地	山地	都市	平地	山地	都市
400	150	150	200	100	100	100	50	60

勿論山地部等で特に困難な場所に対しては別に緩和規定を設ける必要があり、この限度を従来の 11m に對して 15m に高めている。

b. 片勾配 曲線部で自動車が安全且つ快適に走行するためには走行速度に適応した片勾配をつける必要がある。従来の規格における片勾配の考え方は走行の安全と云ふことに主眼を置いており、最小曲線半径 300 m 以上では所定速度に対して横力が 0.2 m/sec^2 を越えないので片勾配をつけないこととし、300 m 以

下の半径に対してのみ用いる様にしているが、乗心地の上からは 300 m 以上であつても遠心力を打ち消すため適当な片勾配をつける方が合理的である。

即ち、従来の片勾配は横力の限度をおさえることにより、

$$i = \frac{V^2}{127R} - f$$

を基準として規定しているが、この V に対する片勾配としては、横力 $f=0$ とした $i = \frac{V^2}{127R}$ とする方がより合理的であろう。

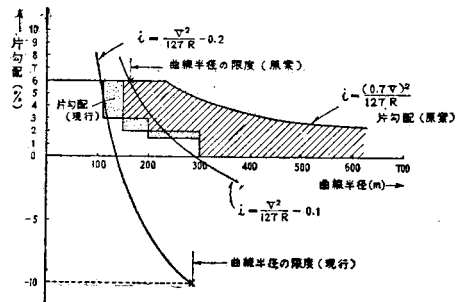
この様な考え方から新しい案ではそこを通る大多数の車輛に対し最も有効な片勾配を与えるために、

$$i = \frac{V^2_{\text{mean}}}{127R}$$

とし、平均速度で走行する車輛に対して絶対平衡（横力=0）になる様な片勾配を考え、これより速度の早い車輛又は遅い車輛に対してそれぞれ外側又は内側に横力が加わる様に考えている。

最大片勾配としては A.R.B.A. の設計標準によれば一般に 12% まで、路面の凍結等の考えられる箇所では 8% までとつているが、原案では緩速車の運行を考えて 6% におさえることとした。なお V_{mean} としては設計速度の 7 割をとつている（図-1 参照）。

図-5 片勾配比較図 ($V=60 \text{ km/h}$)



片勾配に対する摺付勾配は、米国の例では $1/200$ 位にとつている様であり、従来の規格では全部一律に $1/100$ としている。これに対し原案では設計速度によつて勾配の限度を変え設計速度で走行した場合の舗装縁端における上昇速度を 0.2 m/sec として表-7の様に定めた。

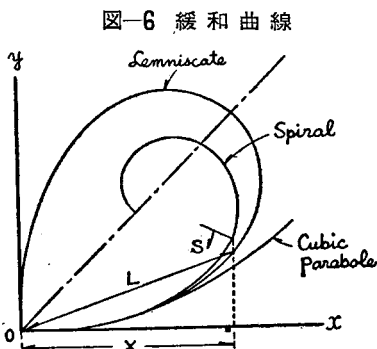
表-7 摺付勾配の限度 (%)

1 級			2 級		3 級	
山地	平地		山地	平地	山地	平地
0.8	1.2		1.0	1.5	1.5	2.0

c. 緩和区間 道路が直線部から曲線部に移る箇所には片勾配、曲線部幅巾量等がスムーズに摺付く様にある長さの緩和区間が必要であると同時に、平面線形の上でも曲線半径を ∞ から有限値まで漸変させるため

の区間が必要である。

従来の規格で考えられた緩和区間は主として前者の意味をもつものであつたが、設計速度が高くなり、又車線が半つきりすることになれば当然運行の容易さの上から自動車の走行軌跡に適合した線形を選ぶべきであり、この意味で原案では原則的に緩和曲線の挿入を考えている。



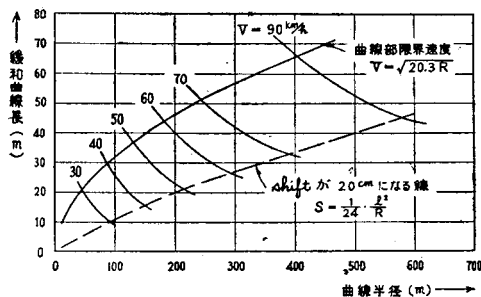
緩和曲線の線形は代表的なものとして compound curve, cubic parabola ($\rho = \frac{C}{X}$), lemniscate ($\rho = \frac{C}{L}$), Spiral ($\rho = \frac{C}{S}$) 等色々考えられるが、何れを用いても実際上大差はないので、特に線形の規定は設けずただその延長を、ハンドルの等速回転による等速走行軌跡に対しその遠心加速度の増加率 (Shortts' value) P_{max} を $0.6m/sec^2$ におさえることにより次式で決めることを考えている。

$$l = \frac{v^3}{P_{max} \cdot R} = \frac{0.036 V^3}{R}$$

ただし曲線半径が大きくなって移程量 (shift) が 20 cm 以下になれば、これは車線に含まれる余裕巾でカバー出来るものと考えて緩和曲線は要らないこととする。又何れにしても片勾配と拡巾量の摺付けは緩和曲線の全長を利用して行うことが構造上重要である。

緩和曲線については米国の Interregional Highway の standard では 2 degree ($R=880m$) より急な屈

図-7 緩和曲線長



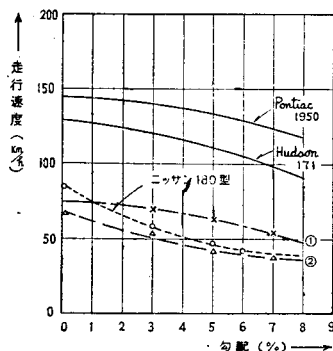
曲に対して用い、ドイツの Reichsautobahn では半半径 400~550 m に対して用いる様に規定している。

5. 縦断勾配

今日自動車の登坂能力は著しく増大し (乗用車 top

6~20%, low 30~60%) 登り得る勾配と云う意味ではほとんど実際上の制限はないに等しい。しかしながら勾配部における登坂速度の低下は道路の capacity, 高速車の運行に致命的な影響を与えるものであり、勾配の限度もトラックの登坂速度を出来るだけ確保すると云う考え方から決めらるべきものと思われる。

図-8 勾配と登坂速度



トラックの登坂速度について 註: (1) 米國における Operating Speed Hews 氏は、將の観測値 (up grade) (2) Truck の Average Speed (米) 乗は light truck については、5% で 40 m.p.h, 6% で 30 m.p.h, 8% 以上でも短区間ならば 20~25 m.p.h まで期待出来ると云つている。原案では現在日本の代表的な普通トラック (いすゞ TX80, ニッサン 180 型, トヨタ BM) について次の 2つの条件より check して表-8 の様な最大勾配を求めた。ただし都市部は速度に拘らず平地部と同じとする。

(1) 普通トラック (4 ton 積) が道路の巾員に対して出し得る速度を 1/3 積荷 (G.W. 5 ton) で充分に出し得ること。但し平地部は top ギヤーのみを用いるものとする。

(2) 普通トラックが満載した場合 (G.W. 8 ton) でもその道路の平均走行速度 (最大速度の 70%) の 7 割の速度を下らないこと。但し平地部では 3rd ギヤーまでを用いるものとする。

表-8 最大縦断勾配 (%)

1 級		2 級		3 級				
平地	山地	都市	平地	山地	都市	平地	山地	都市
2.5	5.0	2.5	3.0	6.0	3.0	4.0	8.0	4.0

AASHO によれば勾配は Interstate Highway に対しては一般的な限度を 5% とし、如何なる場合でも 6% (短区間で 7%) をこえないことを推奨している。

以上新しい構造規格の主要な項目について原案を中心にその考え方の大要を述べた。この他規格として考えねばならない項目として、駐車線の問題、建築限界、曲線部の拡巾、最小曲線、曲線部の勾配、縦断曲線、視距等色々あるが紙面の関係上一応筆をおく。