

アスファルト舗装の 構造設計における考え方

阿部 頼 政*

1. はじめに

アスファルト舗装の構造設計は、昭和42年以来、ほとんど変更がなく、当時、新しくとり入れられた設計輪荷重や T_a の考え方も、今では舗装技術者の常識となっている。しかし、その半面、設計法の成立過程や根拠については知らない技術者が多くなってきているのではなからうか。本稿は、当時要綱改訂の中心的存在であった故竹下春見博士の論文をもとに、設計輪荷重、 H 、 T_a の計算式等に関する考え方の根拠を整理しておこうとするものである。

2. 現設計法の概要

アスファルトの舗装構造を決定する主な要因は交通量と路床の支持力である。この原理は、わが国の設計法だけではなく、いずれの設計法も一致しており、また常識的にも、当然の事として受けとめることができる。交通量のとらえ方、路床の支持力の求め方には、各国の事情や、経験の相違により数多くの方法がとられているが、わが国では、設計輪荷重 $P(t)$ と設計CBRという概念で統一されており、この両者をもとに次の式から舗装厚が決定される。

$$H = \frac{58.5^{0.4}}{CBR^{0.6}} \dots\dots\dots(1)$$

$$T_a = \frac{12.5P^{0.64}}{CBR^{0.3}} \dots\dots\dots(2)$$

ここに、 H ：舗装厚 (cm)

P ：設計輪荷重 (t)

T_a ：舗装を全部表層基層用加熱アスファルト混合物で設計したときの必要な厚さ

(2)式でCBR (設計CBR) は、路床土のCBR試験により(3)式で求められ、設計輪荷重 P は、輪荷重の測定結果より、後に述べる(5)式を使用して求められる。以上の4個の因子、 H 、 T_a 、 P 、CBRを次章以下で検討する。

3. 設計CBR

路床の支持力を判定する方法には、セン断試験、平板

載荷試験、貫入試験等、色々あるが、CBR試験は米国カリフォルニア州において、O.J.Porterが材料の支持力特性を簡単に比較するために考案したもので、その後、種々の修正が加えられて、わが国でも、JIS A1211に規定されている。

設計の対象となる区間の路床に対するCBR試験結果から次の式によって設計CBRが決定される。

設計CBR

$$= \text{各地点のCBRの平均} - \frac{(\text{CBR最大値} - \text{CBR最小値})}{d_2}$$

.....(3)

d_2 は表-1に示された値である。(3)式は、各地点のCBR測定値が正規分布すると仮定して作られたもので、右辺の(CBR最大値-CBR最小値)/ d_2 の項は標準偏差をあらわす。したがって、設計CBRとはCBR測定値の平均から標準偏差を引いた値のことである。なお、この場合、理論的には、数多くの試験を行えば(3)式で求めた設計CBRより小さい測定値が16%程度は出現することになる。

表-1 設計CBRの計算に用いる関数

個数(n)	2	3	4	5	6	7	8	9	10以上
d_2	1.41	1.91	2.24	2.48	2.67	2.83	2.96	3.08	3.18

4. 設計輪荷重について

昭和36年に発行されたアスファルト舗装要綱 (以下旧要綱と略す) では、交通量をA、B、Cの三種に区分し、それぞれ単位区間自動車交通量 (台/日) を2,000未満、2,000~7,500、7,500以上として、CBR曲線による合計厚を示している。この段階では単に交通荷重の通過回数によって合計厚を変えているだけであり、いわば、舗装厚と交通の量的な面に着目するに留まり、両者の質的な面、すなわち T_a と大型車 (破壊作用の重み) の概念は入っていない。しかし、竹下は、すでに昭和34年に交通荷重の質的な面に注目し、カリフォルニア及びイギリスの設計法を引用しながら、次のように述べている。

「要するに舗装厚設計のためには、バス、トラックな

* 日本大学理工学部土木工学科 講師

どの交通車輛のみを調査の対象とすればよいが、輪荷重と交通量（繰返し荷重）の関係およびそれを設計法にとり入れる方法については今後の研究に待つべき点が多い。」ここに述べられている通り、この時点では輪荷重と交通量の関係は、まだはっきりとはとらえられていない。この頃から、竹下はカリフォルニア法として次の式を度々紹介し、計算例をあげて解説している。²⁾

$$\text{破壊作用} = \sqrt{P} \cdot \log N = \text{一定} \quad \dots\dots\dots(4)$$

P：輪荷重 (t)

N：設計寿命年間に輪荷重Pが通過する回数

この式の利用例として、竹下は8 t 輪荷重1輪と同じ破壊作用をする輪荷重の大きさと台数の関係は大略的に表-2になると示しているが、現要綱の方法で筆者が計算した値は表-3のようになる。両者を比較すると明らかかなように、当時のカリフォルニア法では輪荷重による破壊作用の差を非常に大きくとっている。すなわち、破壊作用が輪荷重の4乗に比例するのではなく6~7乗に比例する程度の値となる。もっとも、その後、これは改訂の度に小さくなってきているが……（後に表で示す）。

表-2 カリフォルニア法による竹下の計算

輪荷重(t)	8	7	6	5.5	5	4	3.5	3	2
台 数	1	2	6	10	20	120	350	1,400	10 ⁵

表-3 現要綱による計算

輪荷重(t)	8	7	6	5.5	5	4	3.5	3	2
台 数	1	1.7	3.2	4.5	6.6	16	27	51	260

昭和38年に竹下は破壊作用係数H.K.として次の式を提案している。³⁾

$$H.K. = \sqrt{p} \cdot \log N \quad \dots\dots\dots(5)$$

これは(4)式のP（輪荷重）のかわりに、タイヤの接地圧力p (kg/cm²) を使用したものである。図-1は、繰返し載荷試験を行なった結果より、沈下量と繰返し回数 N の関係を求め、曲線のこう配が急に大になる回数をNとして、 $\sqrt{P} \log N$ を計算し、これをK値に対してプロットしたものである。図によれば、30cm載荷板を利用した場合と75cm載荷板を利用した場合とでは、K値の増加による破壊作用係数の増加の状態がちがってくる。

図-2は $\sqrt{P} \log N$ のかわりに $\sqrt{p} \log N$ とおきかえた場合を示している。これによると載荷板の直径が30cmの

表-4 輪荷重と重みの関係

輪荷重(t)	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9
重 み	0.001	0.002	0.005	0.01	0.02	0.045	0.1	0.2	0.5	1	2	3.5	6	10	16	25	35	50

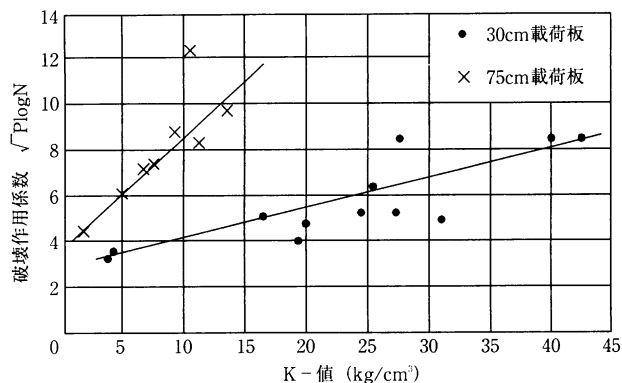


図-1 K値と $\sqrt{P} \log N$ の関係

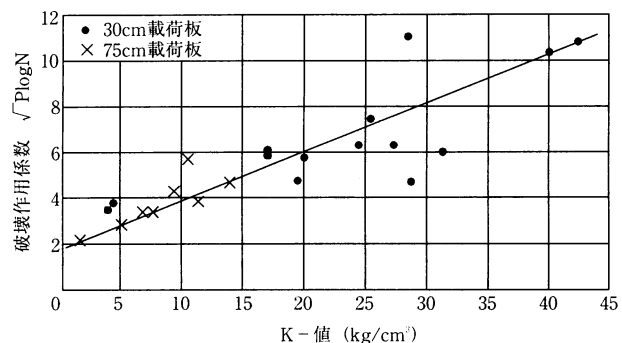


図-2 K値と $\sqrt{p} \log N$ の関係

場合も75cmの場合も比較的良好に一つの直線にのっている。このことから、竹下は、破壊作用係数としては、接地圧をとる方が便利であろうとしている。

その後も竹下は、(4)式を折あるごとに検討し、昭和39年には、(4)式のプロットを多少変えて、表-4のような輪荷重の重みを提案している。⁴⁾この表に示された値も、現行の数値から見るとかなりかけ離れてはいるが、5 t 輪荷重の重みを1とする考え方がここではっきり、示されている。

これまで、カリフォルニアの式(4)に頼り、苦勞してきた輪荷重の重みの問題は、昭和40年、「アスファルト舗装に関する対数グラフの応用」⁵⁾という報文で一挙に解決する。これは、技術的な論文というよりも、両対数グラフの面白さ、便利さを読者に紹介しようとした、いわゆる「学者の遊び」である。しかし、そこには今日の設計曲線に使用されている重要な式と考え方が初めて提案されており、きわめて画期的な業績と言えよう。

竹下はこの報文でJ.F.Shookらの論文から表-5を紹介し、図-3のようにいくつかの点をプロットして次のように解説している。「図を参考にしてCaliforniaに近

い値を与えるものとして $(P/5)^4$ をとることにしよう。
 Pは輪荷重をtであらわしたもので、5 t 輪荷重のウェイトを1と考えていることになる。そして5 t 輪荷重が 10^6 (台/寿命) の場合を1としよう。5 t 輪荷重が1日1車線当り150輪で20年間かわらないものと仮定すれば、
 $150 \times 365 \times 20 = 1,095,000 \approx 10^6$ (台) となるから、いまNを1日1車線当りP tの輪荷重の交通量とし、

$$\left(\frac{P}{5}\right)^4 = \frac{N}{150} \dots\dots\dots(6)$$

とおけば…… (中略) ……

(6)式の意味をすこし解説すると、P = 5 t のときには N = 150輪/日/車線となる。P = 8 t とすれば8 t 輪荷

重150輪/日/車線は(6)式より、

$$N = 150 \left(\frac{P}{5}\right)^4 = 150 \times \left(\frac{8}{5}\right)^4 = 150 \times 6.55 \approx 983 \text{輪/日/車線}$$

であるから、8 t 輪荷重が、150輪/日/車線 通行するときの破壊作用は、5 t 輪荷重が983台/日/車線 通行するのと同じ破壊作用になることになる。また同様の計算を行なうと、たとえば5 t 輪荷重に換算した交通量が20台/日/車線 であるとすれば、その破壊作用は3 t 輪荷重が150輪/日/車線 に相当する。

このような計算をくり返すと、5 t 輪荷重の重みを1として、その他の輪荷重を等値の換算係数(重み)としてあらわせば、表-6に示すようになる。交通調査の結果、各輪荷重の数を全部5 t 輪荷重に換算して全交通量を5 t 輪荷重の交通量に換算するのに表-6が利用できる。」

表-6 輪荷重の換算係数 (5 t 輪荷重への換算)

輪荷重(t)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15
換算係数	0.0016	0.025	0.13	0.4	1.0	2	4	6.5	11	16	35	80

表-5 等値軸荷重係数 (Equivalent axle load factors)

軸荷重 (kips)	California (1942) 2^{L-18}	California (1957) $(L/18)^5$	California (1962) $(L/18)^{12}$	Shook & Finn $10^{0.12(L-18)}$	AASHO Flexible $D=5.0$	AASHO Rigid $D_s=9.0$
2	0.000	0.000	0.000	0.012	0.0002	0.0002
4	0.008	0.001	0.002	0.020	0.003	0.002
6	0.0016	0.004	0.010	0.035	0.01	0.01
8	0.031	0.017	0.033	0.062	0.03	0.03
10	0.062	0.053	0.085	0.108	0.09	0.08
12	0.125	0.132	0.180	0.188	0.19	0.18
14	0.250	0.288	0.348	0.328	0.36	0.34
16	0.500	0.556	0.610	0.573	0.62	0.60
18	1.00	1.000	1.00	1.00	1.00	1.00
20	2.00	1.69	1.56	1.74	1.51	1.57
22	4.00	2.72	2.32	3.04	2.18	2.34
24	8.00	4.23	3.35	5.31	3.03	3.36
26	16.00	6.30	4.68	9.72	4.09	4.67
28	32.00	9.10	6.40	16.2	5.39	6.29
30	64.00	12.8	8.55	28.2	6.97	8.28

以上の竹下の解説で、輪荷重の重みに関する本質的な考え方は、すべて言いつくされているが、この段階ではまだ現要綱の表現法との間に若干差があるので、誤解のないように筆者の見解をつけ加えておこう。

ここで提案されている最も重要な点は、5 t 輪荷重を基準として、破壊作用が輪荷重の4乗に比例するという考え方、及び 10^6 回を寿命と考えることであろう。輪荷重の重みについては、竹下のプロットや推論の方法に多少あいまいな点もあるので、表-5をもとにもう一度検討してみることにする。図-4は、カリフォルニア(1942)、(1957)を除き、適当な間隔で軸荷重の重みをプロットしたものである。Shookらの点は両端で離れてくるが、カリフォルニア(1962)、AASHOのFlexibleとRigidはほぼ完全に同一直線上にあると見なすことができる。

両対数紙上で直線の一般式は次のように書ける。

$$y = a L^n \dots\dots\dots(7)$$

ここに、y : 軸荷重の重み

L : 軸荷重 (t)

a, n : 定数

両辺の対数をとれば、

$$\log y = n \log L + \log a \dots\dots\dots(8)$$

図から y = 0.01, 10に相当する L の値を読めば、それぞれ、2.7 (t), 15.5 (t) が得られる。これを(8)式に代入すれば、

$$\log 0.01 = n \log 2.7 + \log a \dots\dots\dots(9)$$

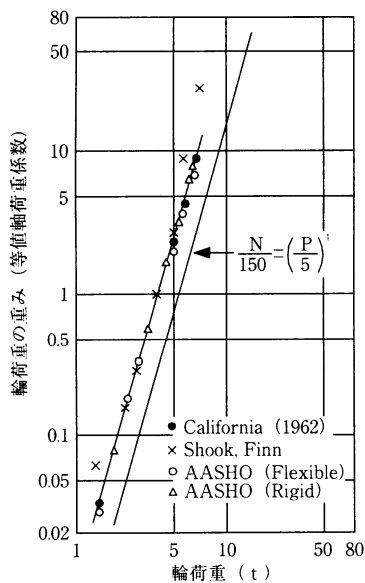


図-3 輪荷重の重み

$$\log 10 = n \log 15.5 + \log a \dots\dots\dots(10)$$

この両式を連立させて解けば、 $n=4.0$ 、 $a=1.7 \times 10^{-4}$ が得られる。ここで重要なのは $n=4.0$ という値であり、これは、軸荷重の重み y が軸荷重の4乗に比例して変化することを示している。

図-4には、この直線を、

$$y = \left(\frac{L}{8.18}\right)^n \dots\dots\dots(11)$$

で近似させた場合の y と L の各数値から求めた n の値と示した。これも、当然のことではあるが、ほぼ4.0という値が得られている。

これまで読みとり誤差を避けるため軸荷重で述べてきたが、軸荷重の $\frac{1}{2}$ として輪荷重をとり、5 t 輪荷重の重みを1とすれば、次の式が得られる。

$$y = \left(\frac{P}{5}\right)^4 \dots\dots\dots(12)$$

これは、図-4で $L=10$ （横軸が軸荷重のため）、 $y=1$ の点を通り、(11)式の直線に平行となる。

竹下は計算過程を示していないが、式(6)の左辺は以上のような考え方をもとにしていると思われる。これによって、彼が昭和34年以来、苦心してきた輪荷重の重みの問題は、具体的な数値として解決されたことになる。すなわち、表-6は式(6)以下の竹下の説明を待つまでもなく、

$$\alpha_i = \left(\frac{P_i}{5}\right)^4 \dots\dots\dots(13)$$

として現要綱に示された値と同一のものになっている。

式(6)の右辺が $N/150$ となっているが、これは、20年間に5 t 輪荷重100万輪通過を基準としているためで、現要綱のように10年間の寿命と考えればこれは $N/300$ となる。また、(6)式は日交通量で表現されているが、これを10年間の交通量としてあらわせば、

$$\left(\frac{P}{5}\right)^4 = \frac{N \times 365 \times 10}{300 \times 365 \times 10} = \frac{N \times 365 \times 10}{10^6} \dots\dots\dots(14)$$

となる。ここでは N は5 t 輪荷重に換算した1日・1方向の輪数である。以上は、舗装供用中の交通量が常に一定とした計算であるが、10年間の平均的な交通量の伸び率として5年後の伸び率 a を導入すれば、(14)式は次のように書き直すことができる。

$$\left(\frac{P}{5}\right)^4 = \frac{3.65}{1,000} \times N \times a \dots\dots\dots(15)$$

これは、現要綱に示された式と完全に一致している。

次に(15)式の意味を考えてみよう。P(t)の輪荷重が n 輪1日・1方向 通行するとすれば、5 t 輪荷重換算輪数 N は重みが $(P/5)^4$ であるから、

$$N = n \cdot \left(\frac{P}{5}\right)^4 \dots\dots\dots(16)$$

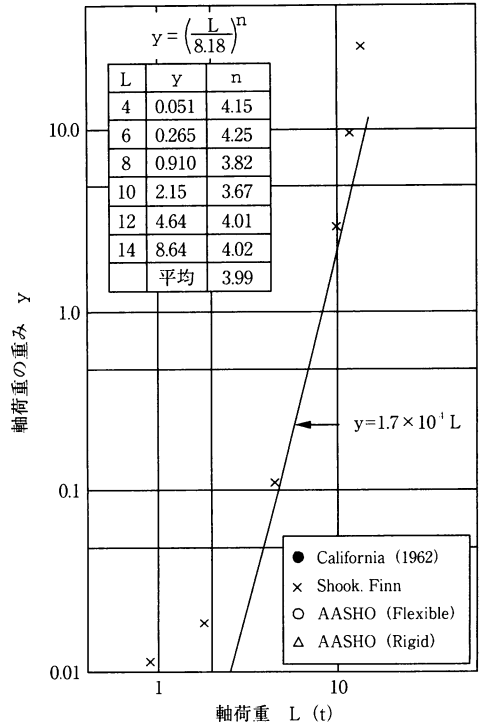


図-4 輪荷重の重み

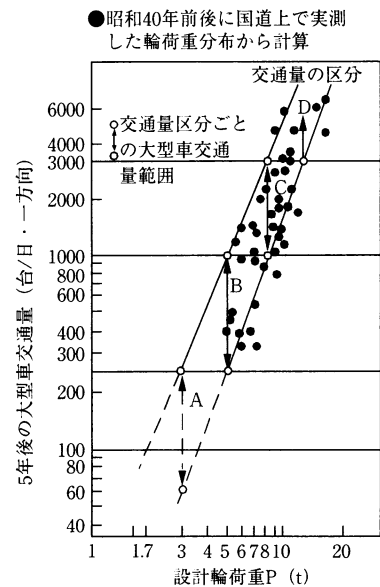


図-5 設計輪荷重と大型車交通量との関係

10年間の交通量を考えれば(16)を(15)に代入して、

$$\left(\frac{P}{5}\right)^4 = \frac{3.65}{1,000} \times n \times \left(\frac{P}{5}\right)^4 \times a \dots\dots\dots(17)$$

これを整理すると次の式が得られる。

$$n \times 365 \times 10 \times a = 10^6 \dots\dots\dots(18)$$

この式の左辺はP(t)の輪荷重が10年間に通行する回数を示し、右辺はそれが 10^6 (100万) 回であることを表わしている。(17)式の右辺のPは混合交通では左辺のPと

一致しないのが当然であるが、この場合は特殊な場合として左右共通のPをとったものである。左辺のPは設計輪荷重と呼ばれるが、(18)式の示されるとおり、これはその荷重を10年間に100万回通過させるという意味を持っている。

設計輪荷重に関する以上の考え方は、現在、アスファルト舗装要綱の付録として示されており、要綱の本文には、設計輪荷重3t、5t、8t、12tをそれぞれ大型車交通量A、B、C、Dに対応させて示してある。これは輪荷重の測定が困難なためであり、設計輪荷重から大型車交通量への換算は図-5の実測値をもとにしている。

5. HとT_Aについて

CBRによる舗装厚の設計曲線を数式化しようとする試みは古くからなされてきたが、竹下は、半理論的にこれを導いたものとして次の式を提案した。この式は、Kerkhoven, Dormanの式に交通量の影響を入れたものである。

$$H = \frac{7.8}{\sqrt{CBR}} \sqrt{P \log N} - (1 + 5 \log CBR) \dots\dots(19)$$

ここでN = 10⁶台とすれば、

$$H = 46.8 \sqrt{\frac{P}{CBR}} - (1 + 5 \log CBR) \dots\dots(20)$$

となる。ここに、

H：舗装合計厚 (cm)

P：輪荷重 (t)

N：設計寿命年間にP(t)なる輪荷重が通過する回数

その後、Corps of Engineersの設計曲線を両対数紙上で、図-6のように示し、直線関係から次の式を得ている。

$$H = \frac{58.5 P^{0.4}}{CBR^{0.6}} \dots\dots(21)$$

これは、現要綱にそのまま採用されている式である。しかし、竹下も述べているように、この式には理論的根拠はない。単に、CBR設計曲線を数式化したものである。したがって、設計曲線を作製した条件がそのまま適用されるべきであるが、特に注意すべき点は、オリジナルな設計曲線はCBR = 3までしかないことで、現在、要綱に示してあるCBR 3未満に対する値は、(21)式によって外挿されたものである。

Hに関しては、上述のように比較的単純に現行の式を導きだしているが、T_Aを決定する式では、結論までに種々の仮定が入ってくる。T_Aの母体となったのは、AASHO試験道路の主要な結果である舗装厚指数の考え方であるが、これは周知の事実であろう。

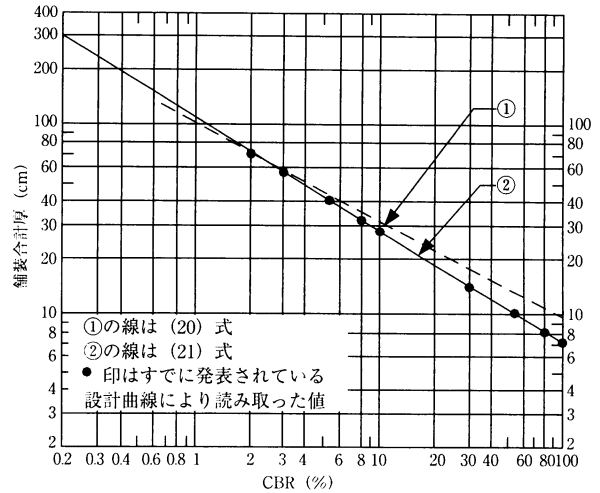


図-6 設計曲線の比較
(5t輪荷重の場合CBR=2の値は要綱より)

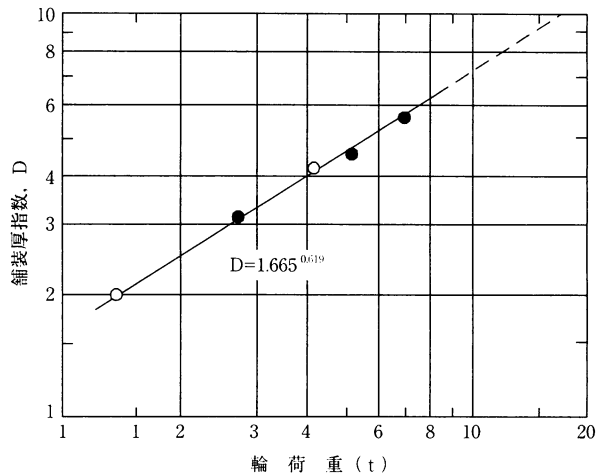


図-7 輪荷重とDの関係 (AASHOより)

舗装厚指数は次の式によって表現されている。

$$D = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 \dots\dots(22)$$

ここに、

D：舗装厚指数 (Structural Number)

a₁, a₂, a₃：舗装構成材料の相対強度係数

D₁, D₂, D₃：それぞれ表層、上層路盤、および下層路盤の厚さをin単位であらわした値

AASHOの報告書では、この舗装厚指数と軸荷重及び繰返し回数についてまとめた結果が図示してあるが、竹下は、このうちサービス指数が2.5における上記の関係をとりだし、繰返し数100万回における軸荷重とDの関係を図-7のようにプロットして示した。なお、図の横軸は軸荷重の半分をとって輪荷重としたものである。

図の直線関係を竹下は次のように表現している。

$$D = 1.6659 P^{0.619} \dots\dots(23)$$

これは、AASHO試験道路の平均的なCBR (=2.9)

におけるDとPの関係である。したがって、(23)式は、C B R 2.9以外の路床では適用できないはずであるが、竹下は次のような方法によって、(23)式を有効に利用する方向を見いだした。

東京、大阪および名古屋付近の国道のうちでC-曲線(旧要綱)により設計・施行されたもののうち、交通開放後数年経過して、構造的に何等の欠かんでも見出しえないものに・印をつけ、交通開放後2年以内に構造的な欠かかんがあらわれ、失敗したと思われるものに×印をつけてプロットされたものが図-8である。竹下は、この成功例と失敗例の間に境界線をひいて、DとC B Rの関係を見出し、輪荷重が異なった場合でもDとC B Rの関係が図-8の線と平行であると仮定して、次の関係を導いた。

$$D = \frac{2.2 P^{0.64}}{CBR^{0.3}} \dots\dots\dots(24)$$

これは舗装厚指数で表現されているが、 T_a の式に書きなおすと、アスファルト混合物の相対強度係数が0.44であり、1 inch = 2.54cmであることから、

$$D = \frac{0.44}{2.55} T_a \dots\dots\dots(25)$$

となり、これを(24)式に代入して、

$$T_a = \frac{12.5 P^{0.64}}{CBR^{0.3}} \dots\dots\dots(26)$$

の式が得られる。

以上、4章及び5章で考察してきた結果をまとめると現設計法の根拠となっているものは、次のとおりである。

- (1)輪荷重の重み ……表-5
- (2)H ……図-6
- (3) T_a ……図-7及び図-8

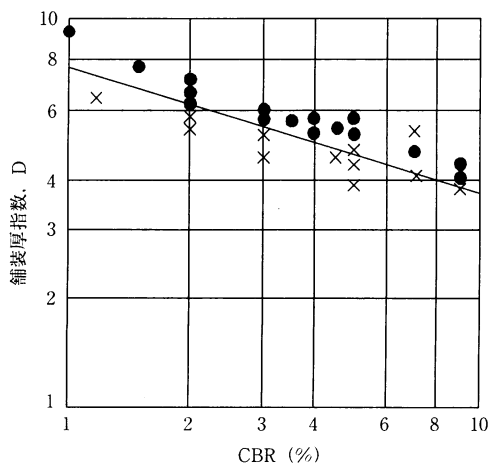


図-8 DとC B Rの関係 (C-curveにより設計された舗装についての調査結果)

6. 雑感

前章までに現設計法の根拠を一覧してきた。概略ではあるが、ある程度成立過程はつかめたかと思う。こうして見てくると、現在、金科玉条とされている要綱の設計法も、先人が乏しい資料を前に悪戦苦闘して築きあげてきたことがよくわかる。しかし、不思議なことに一度印刷公表されてしまうと、その成立過程にあった仮定や、問題点、さらには、将来変更されるべきものと明記されていたものが、すべて忘れ去られがちなのは、どういうわけであろうか。2、3の例をあげて見よう。まず、設計寿命であるが、アスファルト舗装の寿命は10年であるとこれまで解説されてきた。10年という数字は設計輪荷重を10年間に100万回通すことのできる舗装という発想からでたものであるだろうが、これは20年間に100万回でも本質的には変りはない。要は100万回というのが主なわけである。では、この100万回の根拠は何か。竹下によれば、「最近では、設計に関する荷重の繰り返し回数の一つの限度として100万回をとることが多い」である。当時からすでに10数年……。

次に T_a の計算式である。非常に荒い方法で導びいた式であるが、「多くのデータにより修正されるまでは暫定的に設計曲線として利用できるであろう」という竹下の言葉は、その後、どのように受けとめられてきたのだろうか。さらにHは「 T_a だけでも舗装の設計はできるが、いまだちにC B Rによる合計厚という概念を捨て去るのは時期尚早と思われる」という表現であった。しかし、Hは現在も非常に強い拘束力をもった形で規定され、このため、フルデプス舗装の設計等で大きな制約となっている。

アスファルト舗装要綱が技術普及の点で非常に重要な役割を果たしてきたことは異論のないところであるが、一方その内容については、技術者が常に検討を加え、改良していくべきものであろう。現在、要綱の改訂が進行中であるが、今回の改訂には無理としても、以上のような宿題は、いずれ我々が何らかの解決を与えなければならぬかと思う。

7. 設計曲線の表現法について

現行の設計輪荷重による考え方では、10年間に設計輪荷重を100万回通すようにHと T_a を決定している。10年間に100万回という制約が入るため、設計輪荷重が変数となり、8 t (C交通)、12 t (D交通)等、現実には存在し得ない輪荷重で設計することになっている。これは交通量の多少が、設計輪荷重の大小によって、調整されるようになっているためである。この間の関係は、なかなか理解し難く、誰しも頭を痛めた経験があるのでは

なかろうか。10年以上、親しみ慣れてきた設計法を変更することには大きな抵抗があるかと思うが、以下に、著者が前から提案していた方法を紹介して参考に供したいと思う。

本方法は、図-9のような手順によってHとT_aを求める。すなわち①②までは従来と同じ方法によるが③の推定では、舗装の寿命をn年間とし、その間の5t輪荷重換算累加輪数N_cを推定する。n=10にすれば従来と同じであるが、この方法で主となるものはN_cであり、nは交通量の伸び率によって変る従属変数と考えるべきものである。したがって交通量が予想以上に伸び、7年間でN_cに到達すればn=7が寿命となる。

図-10、図-11は交通荷重の破壊作用が輪荷重の4乗に比例するとしてT_a、HとN_cの関係を示したものである。④ではこの図を利用して所定のN_cに対応するT_a、Hを求めることになる。なお、図には従来の交通区分に相当するN_cをA、B、C、Dで示した。アスファルト舗装要綱の「T_aと合計厚の目標値」は、各曲線とA、B、C、D、の交点であらわされている。

本方法は従来の方法と原理的に異なる点はない。表現法を変えただけである。また、このような表現法は諸外国で一般に使用されているもので、従来、わが国だけが設計輪荷重という特殊な方法をとっていたわけである。

従来の設計輪荷重PとN_cの間には当然一定の関係があり、次の式で示される。

$$N_c = \left(\frac{P}{5}\right)^4 \cdot 106 \dots\dots\dots(27)$$

なお、この関係式により、交通量の区分に応じた数値を示せば表-7のようになる。また、HとT_aを数式から求めようとすれば次の関係式が利用できよう。

$$H = \frac{28.0N_c^{0.1}}{CBR^{0.6}} \dots\dots\dots(28)$$

$$T_a = \frac{3.84N_c^{0.16}}{CBR^{0.3}} \dots\dots\dots(29)$$

本方法では、舗装の破壊が経過年数によるものではなく、累積交通量によるものであることを、はっきり前面に打ち出しているため、設計寿命10年というような統一はとりにくくなる。しかし、逆に言えば、それだけ技術者の判断が加えられるというメリットがあり、さらに、ステージコンストラクションの設計や、舗装の寿命予測がしやすいなど便利な点も多い。特に研究用としては、本方法が利用しやすいと思うがいかがであろうか。次章にその一例をあげることにする。

8. 各種設計曲線との比較

アスファルト舗装の構造設計に関しては、これまで非

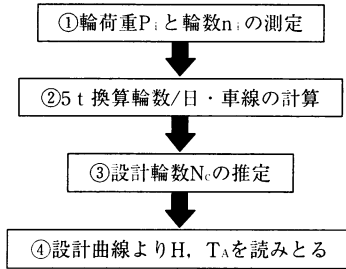


図-9 設計の手順

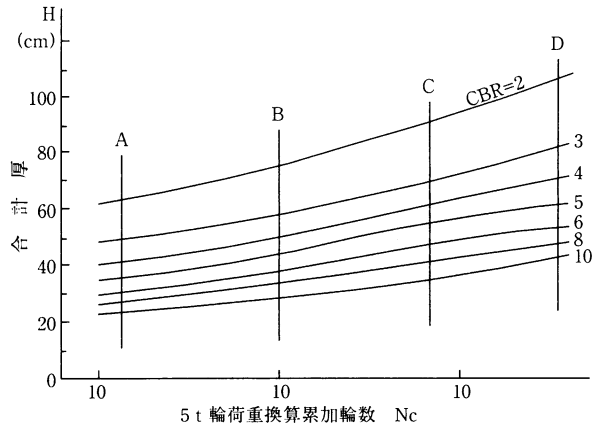


図-10 合計厚の目標値

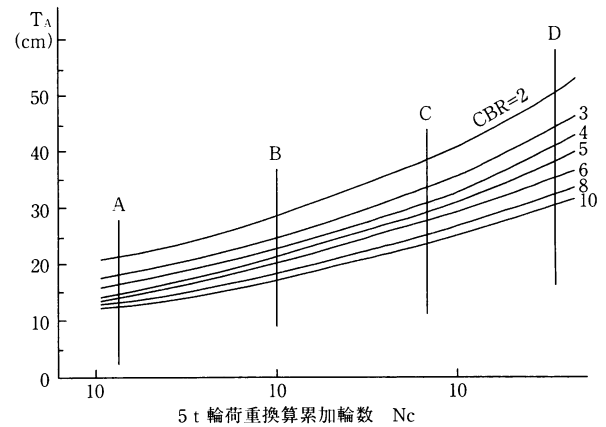


図-11 T_aの目標値

表-7 PとN_cの関係

交通量の区分	A	B	C	D
設計輪荷重 P (t)	3	5	8	12
5t輪荷重換算累加輪数N _c (×10 ⁶)	0.13	1	6.6	33

常に数多くの方法が発表されてきた。AASHOの道路試験結果は、わが国だけではなく、大なり小なり各種設計法の参考とされてきたが、交通、路床の条件を統一しても、舗装厚には設計法によってかなりの差がある。これは、各国の気象・風土の相違と共に、技術と経験の歴史の相違が影響するためであろう。

図-12では、CBR = 5 の場合について、代表的な設計曲線の比較を行なった。舗装厚は、わが国の T_A に換算し、寿命は、5 t 輪荷重換算輪数 (N_c) で示してある。これらの設計法はいずれ機会をあらためて紹介するつもりであるし、また、交通量のとらえ方、等値換算係数のとり方等、多少問題になる点もあるが、本稿では検討の必要もないと思われるので、ここでは計算法の詳細は省略する。

図から明らかなように、これらの設計法の中では、わが国の舗装厚は、かなり薄い部類に属している。竹下が輪荷重の重みで参考にしてきたカリフォルニア法による舗装厚は、C交通、D交通等でわが国の1.5倍程度になっている。英国の舗装厚がわが国のものにはほとんど一致している点は非常に興味深い。以上は、累積交通量による舗装厚の変化を比較したものであるが、CBRの影響はどのようにとり入れられているであろうか。これを比較したものが図-13である ($N_c = 10^6$)。カリフォルニア法とわが国で舗装厚は異なるが曲線の形は類似している。これは、CBRの重みを同じように見ていることを示しているのではないかと考えられる。シェルの方法では、両者に比較してCBRによる舗装厚の差が小さい。英国の設計曲線からは、上層路盤にロールドアスファルト及びマカダムを使用する場合をそれぞれプロットして示した。わが国の舗装厚は、この両者の中間に位置している。図から明らかなように、英国の設計法による舗装厚は、わが国の方法による舗装厚と、ほとんど完全に一致している。周知のように、英国は世界に先がけて、舗装技術を開発し、舗装率100%と言われて久しいが、現在もなお、舗装の研究に力を入れており、「経験のないものは取り入れない」という考え方で、独自の実績を積

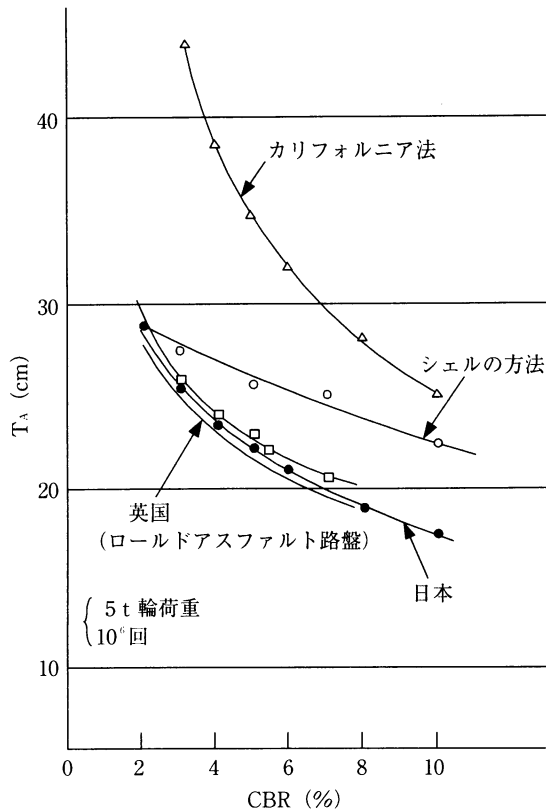


図-13 設計曲線の比較(2)

み重ねている。その長年の研究成果である設計曲線とわが国の設計曲線が全く一致しているということは、竹下の洞察力がいかに秀れていたかを示すものであるかと思われる。ただ英国とわが国では気象も交通条件もかなり異なっている。わが国の条件に適した技術を開発していくことが我々に課せられた今後の課題となろう。

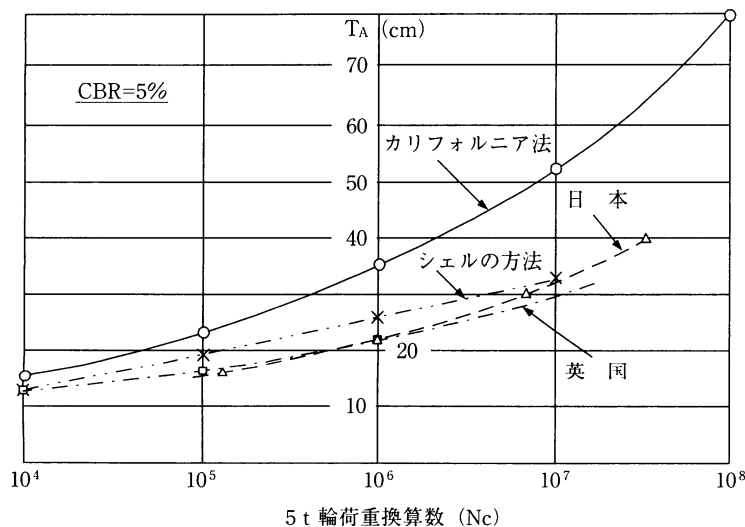


図-12 設計曲線の比較(1)

9. あとがき

現設計法ができあがるまでの経過をたどって見たが、ここまで整然としたものを作られた竹下博士はじめ、当時のアスファルト舗装小委員会メンバーの諸先輩に心から敬意を表したい。筆者は当時まだ学生で、竹下博士にはとうとうお目にかかる機会はなかったが、今回、あらためて数十編の論文を読み、文章にあらわれた博士の人柄に強くひかれた。生前お会いできなかったのがいかにも残念である。

本稿では、できるだけ多くの資料に目を通したつもりであるが、まだまだ不十分な点、あるいは筆者の誤解もあるかと思う。諸先輩の御教示をいただければ幸いである。

参考文献

- 1) 竹下春見「たわみ性舗装設計法の問題点」
土と基礎 A-32, 34年4月
- 2) 竹下春見「アスファルト舗装要綱について(1)」
土木技術資料 3-10, 36年10月
- 3) ♪ 「舗装構造の荷重分散効果」
土木技術資料 5-2, 38年2月
- 4) ♪ 「アスファルト舗装に関する諸問題」
アスファルト No.7, 39年6月
- 5) ♪ 「アスファルト舗装に関する対数グラフの
応用」 道路 No.295 40年9月
- 6) アスファルト舗装小委員会 「アスファルト舗装要
綱の改訂(1)」 道路 No.323 43年1月
- 7) 簡易舗装研究会編「簡易舗装の設計と施工」
- 8) 竹下春見「C B R法の拡張」 土と基礎 39年6月
- 9) ♪ 「アスファルト舗装の構造設計に関する考
え方」 舗装1-2, 41年4月
- 10) ♪ 「舗装厚指数(S N)について」
道路 No.297 40年11月