

康島道路技術研究所 正員 遠藤 靖

1 まえがき 舗装を計画する場合、特に有料道路や農業道路の計画に際しては欠くことのできないことと思われるにもかかわらず標題のような問題と取扱った文献はあまり見かけないようである。これは長期間の実績や大規模な試験を必要とするからであらう。偶々 AASHO の道路試験の結果が公表されたので、これを手掛りとして一応まとめたものが本論である。

2 舗装の耐用载荷回数(寿命回数) AASHO 道路試験の結果から、サービス指数—舗装因子—交通荷重の関係(AASHO Equations)が求められている。これは AASHO の場合に成立する関係であるから、他の場合にはその条件に適合するように修正すべきものと考え、できるだけわが国において広く使用し得るように修正すれば次の如くなる。

2-1 アスファルト舗装(撓み性舗装) AASHO によれば  $\log W = \log P - 0.201/\beta \dots (21)$

$$P = 10^{5.93} (\overline{SN} + 1)^{9.36} L_2^{3.43} / (L_1 + L_2)^{4.79} \dots (22) \quad \beta = 0.4 + 0.081 (L_1 + L_2)^{3.23} (\overline{SN} + 1)^{5.19} L_2^{3.23} \dots (23)$$

ここに  $W$  = 最初 4.2 であったサービス指数が 2.5 になるまでの载荷回数で舗装の寿命回数(図-1, (a))  $P$  = 最初 4.2 であったサービス指数が 1.5 になるまでの载荷回数で、この回数で舗装は全く破壊する  $\beta$  = サービス指数と载荷回数との関係を表わす曲線の形に関係する関数

$L_1$  = 軸荷重(ト)  $L_2$  = 軸荷重の型式による数値で、単軸のとき 0.5、タンデムのとき 0.9、ここでは単軸を考慮することにして 0.5 とする  $\overline{SN}$  = 舗装厚指数または構造値と称せられるものと舗装構造の強度を示す、しかも路床の強度にも関係するものとして次の 4 表式(2.4)式で表わす

$$\overline{SN} = SN + \Delta SN, \quad SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + \dots + a_n D_n, \quad \Delta SN = SN_b - 2891, \quad SN_b = 289 CBR^{0.46} \dots (24)$$

(2.4) 式において  $SN$  = 路床を除いた部分に対する構造値、アスファルト舗装新要綱により  $SN = 0.176 T_a$  として求められる  $a_1, a_2, \dots, a_n$  = 相対強度係数と称せられるもので表-1 の値  $\Delta SN$  = 路床による修正値

、路床の有効厚を 1 m とし、その CBR により構造値を求めてから  $CBR = 3$  のとき(AASHO の場合)修正値が 0 になるように操作したもの  $D_1, D_2, \dots, D_n$  = 上から順に各層の厚さ(cm)  $CBR$  = 路床の CBR(%)

2-2 コンクリート舗装(剛性舗装) AASHO に、任意のコンクリート舗装における曲げ強度等の関係を入れて  $\log W = \log P - 0.176/\beta + 3.42 \log r \dots (25)$

$$P = 10^{4.50} (\overline{SN} + 1)^{5.20} / (D + 25)^{8.46} L_2^{3.52} / (L_1 + L_2)^{4.62} \dots (26) \quad \beta = 1 + 10^{4.50} (L_1 + L_2)^{5.20} / (D + 25)^{8.46} L_2^{3.52} \dots (27)$$

ここに  $W$  = 最初 4.5 であったサービス指数が 2.5 になるまでの载荷回数で舗装の寿命回数(図-1, (a))  $P$  = 最初 4.5 であったサービス指数が 1.5 になるまでの载荷回数で、この回数で舗装は全く破壊する  $D$  = 版厚(cm)

$\beta, L_1, L_2$  = アスファルト舗装の場合と同意  $r = S'_c / S_c \div S_c / S_c \dots (28)$  (28) 式において  $S_c$  = AASHO のコンクリートの静曲げ破壊強度で、690 psi = 48.5 kg/cm<sup>2</sup> (28日、

表-1 相対強度係数

| 使用される材料 | 工法・材料           | 条 件                         | 相対強度係数 |
|---------|-----------------|-----------------------------|--------|
| 上層      | 表層層用改良アスファルト混合物 | 安定度 330 kg 以上               | 0.176  |
|         | 厂育安定処理          | 安定度 250~350 kg              | 0.141  |
| 中層      | セメント安定処理        | 軸圧縮強度 30 kg/cm <sup>2</sup> | 0.097  |
| 下層      | 粒 度 調 整         | 修正 CBR 80% 以上               | 0.062  |
|         | 層 造 式           |                             | 0.097  |
|         | マ カ ダ ム         |                             | 0.062  |
| 下層      | 切込砕石、砂利、砂など     | 修正 CBR 30% 以上               | 0.044  |
| 路盤      |                 | 修正 CBR 20~30 %              | 0.035  |

1/3 負載荷)  $\sigma = \text{AASHO のコンクリート版における最大曲げ応力計算値 (kg/cm}^2\text{)}$ 、計算応力であるから計算に使用する公式によつて版厚はもとよりコンクリートの弾性係数  $E_c$ 、ポアソン比、路盤の支持力係数  $K$  等に関係がある。AASHO の場合は、 $E_c = 4.2 \times 10^6 \text{ psi} = 2.95 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$  (28日、静弾性係数)、 $K = 60 \text{ psi/in (30 in 全板全)} = 1.66 \text{ kg/cm}^3$  (76.2 cm 全板全) でポアソン比は 0.2 としている  $\sigma'_c = \text{任意の舗装におけるコンクリートの静曲げ破壊強度 (kg/cm}^2\text{)}$   $\sigma' = \text{任意の舗装におけるコンクリート版の最大曲げ応力計算値 (kg/cm}^2\text{)}$ 、ただし AASHO の場合の  $\sigma$  を求める場合と同一公式によるものとする。従つて一般に  $E_c$ ,  $K$  は AASHO と異なるが、ポアソン比は 0.2 とする

2-3 考察 アスファルトの場合、新要綱の表-26 について計算してみると、A 交通において CBR が小さいときスミーズにならず、B, C 交通において最小値が現われる。また C, D 交通においては CBR が小さいとき  $W$  が大きい。これらは検討を要する点である。また、コンクリートの場合、任意アスファルト混合物の扱いを入れることが望ましいと思われる。コンクリートの場合、AASHO Equation には路床、路盤の強度特性が直接表われていないが、路盤の効果は報文中に記載されている。ここでは  $r$  としてある程度導入されている。なお、アスファルトの場合、コンクリートの場合ともに季節変化、気候の差異等気象条件を考慮に入れることが望ましい。いずれにしても、軸荷重が与えられればその舗装の寿命回数が求められ、寿命回数が寿命評価の基本となるものであるから、舗装の寿命の評価としては「軸重何トン何百万回」のように表現することが適当と思われる。

3 寿命期間 (耐用年数) 現在の交通量を  $T$  (台/日・方向)、 $l$  (日) 後の伸び率が  $n$  で直線的と仮定すれば、寿命期間 (耐用期間)  $L$  (日) は (3.1) 式で与えられる。

$$L = \frac{(-1 + \sqrt{1 + 2(n-1)W/Tl})l}{(n-1)} \dots \dots (3.1)$$

#### 4 舗装構造の有効率および残留値

4-1 アスファルト舗装 (図-1, (b))  $W, P, SN, \overline{SN}$  は 2-1 と同一意味のものとし、交通開始後  $W$  回 (寿命回数) すなわち  $L$  日を経過したときの舗装構造の有効率  $\alpha$  および残留値  $R$  は、 $P$  と  $W$  との関係および (2.2) 式により次の如くなる。

$$\alpha = (1 + 1/SN)(1 - W/P)^{1/36} = 1/SN \dots \dots (4.1) \quad R = \alpha \cdot SN \dots \dots (4.2)$$

4-2 コンクリート舗装 (図-1, (c)) コンクリートの曲げ疲労曲線の一般式は (4.3) 式で与えられるものとする。

$$\sigma_b/K = a + b \log N \dots \dots (4.3) \quad \text{ここに} \quad \sigma_b = \text{繰返し曲げ強度 (kg/cm}^2\text{)} \quad K = \text{静曲げ破壊強度 (kg/cm}^2\text{)} \quad N = \text{繰返し回数} \quad a, b = \text{係数}$$

(4.3) 式において ( $\sigma_b/K = 1, N = 1$ ) および ( $\sigma_b/K = 0.5, N = P$ ) として  $a, b$  を定め、更に (2.5) 式の関係等を使用すれば、寿命回数  $W$  のときの有効率  $\alpha = \sigma_b/K$  は (4.4) 式の如くなる。

$$\alpha = 1 - 0.5 \log W / \log P \dots \dots (4.4) \quad (4.4) \text{ 式により道路構造令の場合として } L_1 = 7,$$

10, 16 t、 $D = 20, 23, 25 \text{ cm}$ 、 $r = 0.8, 1.0, 1.2$  について計算すれば  $\alpha = 0.504 \sim 0.512$  となる。従つて少なくともこの範囲においては  $\alpha = 0.5 \dots \dots (4.5)$  とする。

次に、コンクリート版を段階施工計画の第 2 段階において基層として使用するものとして、残留構造値  $R$  を (4.6) 式の値と定める。

$$R = 0.16 D \dots \dots (4.6) \quad \text{ただし } D = \text{版厚 (cm)}$$

## 5 耐荷力(構造値)の減衰曲線

### 5-1 アスファルト舗装(図-1, (b))

任意の荷回数  $CW$  ( $0 \leq C \leq 1$ ) に対応する有効率  $\alpha_t$  と (23) 式と (5-1) 式より求め  $\alpha_t \cdot SN$  (正確には  $\alpha_t \cdot \overline{SN}$  であるが、近似的に  $\alpha_t \cdot SN$  とする) として構造値の減衰曲線が得られる。

$$\alpha_t = (1 + \frac{1}{SN})^{1/36} (1 - 0.63^{1/36} C)^{936} \frac{1}{SN} \quad \dots (5-1)$$

### 5-2 コンクリート舗装(図-1, (c))

任意の荷回数  $CW$  ( $0 \leq C \leq 1$ ) の場合の有効率  $\alpha_t$  は、(4-4) 式の場合と同様に (5-2) 式となる。

$$\alpha_t = 1 - 0.5 (1 + \log C / \log W) \quad \dots (5-2)$$

$\alpha_t \cdot K$  ( $K$ : 静曲げ破壊強度 ( $\text{kg/cm}^2$ ))

Working stress であるから、 $\alpha_t \cdot K \cdot D^2/2$  はこの時点における舗装の耐荷力を表わすこととなり、これが減衰曲線であるが、 $\alpha_t$  で曲線の形は表現される。

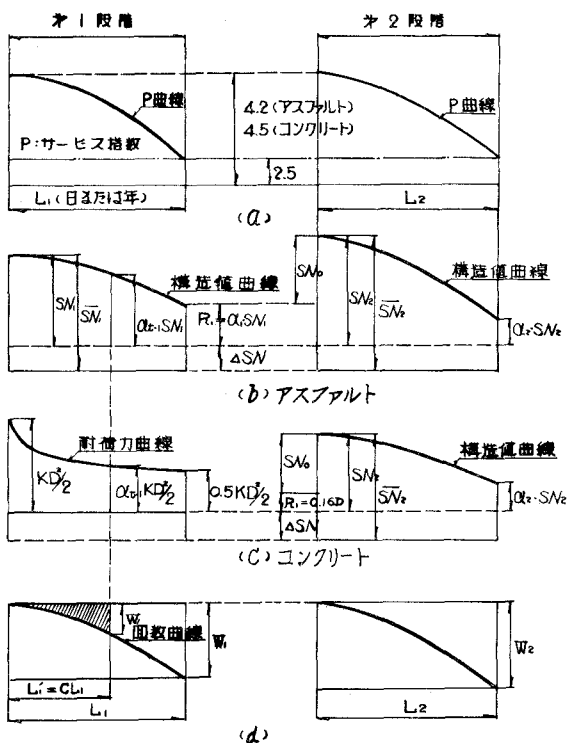


図-1 階段施工計画説明図

6 荷回数曲線(図-1, (d)) 交通開始後  $L' = CL$  ( $0 \leq C \leq 1$ ) (日) までの回数と  $W'$  とすれば、回数曲線は (6-1) 式で与えられる。

$$W' = \{2 + (n-1)CL/L\} T CL / 2 \dots (6-1)$$

ただし  $T$ ,  $l$ ,  $n$  は (3-1) 式の場合と同じとする。

### 7 段階施工計画

交通開始後  $W$  回 ( $L$  日) にして残置値  $R$  を残して舗装の寿命がつきる。これまでに段階施工計画の第1段階である。このとき交通に対して必要な構造値  $SN_0$  を有するオーバーレイを施す。これが第2段階である。これらの関係を示したものが図-1, (a), (b) である。図において添字1は第1段階を、2は第2段階を表わすものとする。第3段階以下も同様とするが、実際問題としては第4段階以下に及ぶことはまず無かろうと思われる。

第2段階において必要とする構造値は路床の強度すなわち路床のCBRから求める。このCBRは第1段階の終りの時点における数値と採るべきであるが、近似的に、最初のCBRをそのまま使用することにする。換言すれば、第2段階において必要とする構造値は、最初の路床のCBRと荷重条件によつて求めるのであつて、例えば新要綱を用いて、 $SN_2 = 0.176 T_A$  として得られる。従つて、オーバーレイとして必要な構造値  $SN_0$  および厚さ  $D_0$  (cm) は次の如くなる。

$$SN_0 = SN_2 - R_1 \dots (7-1) \quad D_0 = SN_0 / 0.176 \dots (7-2)$$

ただしオーバーレイは表層用加熱アスファルト混合物を用いることを原則とする。第2段階における寿命回数  $W_2$  等は全く第1段階と同一要領であるが、(22) 式等の  $SN_2$  は次の如きものである。

$$\overline{SN}_2 = SN_2 + \Delta SN = SN_0 + R_1 - \Delta SN \dots (7-3)$$

ただし、 $R_1$  は、第1段階がアスファルト舗装の場合は (4-2) 式の値、コンクリート舗装の場合は (4-6) 式の値とする。なお、第2段階

に入るに先立つては、アスファルト舗装の場合は、よくレベリングを行ない、コンクリート舗装の場合は、注入工法等によりポンプングを止め、亀裂部は接着剤の使用等によって完全に動きを止めるものとする。

### 8 段階施工計画の経済性の検討 図-2において

(a): 舗装新設後  $x$  年にして打替更新する

(b): 舗装新設後  $y_1$  年にして第1回オーバーレイ実施、第1回オーバーレイ後  $y_2$  年にして第2回オーバーレイ実施、同様にして進み第  $(n-1)$  回オーバーレイ後  $y_n$  年にして舗装を打替更新するものとする

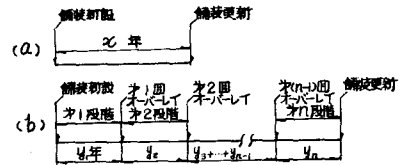


図-2 舗装の投資説明図

すなわち、段階施工計画によるものとすれば、単位面積当り平均年支出は次のようになる。

$$(a): F_a = C/x \dots\dots (8.1)$$

$$(b): F_b = \{C + kC(1+a)^{y_1} + kC(1+a)^{y_1+y_2} + kC(1+a)^{y_1+y_2+\dots+y_{n-1}}\} / (y_1+y_2+\dots+y_n)$$

$\dots\dots (8.2)$       ここに       $C$  = 新設の場合の面積当り単価       $k$  = オーバーレイの面積当り単価に対する新設の面積当り単価の比       $a$  = 年利率      (b)が(a)よりも経済的に有利な条件は  $F_a > F_b$  であるから (8.1)式と (8.2)式より       $(1/x)(y_1+y_2+\dots+y_n) > 1+k(\alpha^y + \alpha^{y_1+y_2} + \alpha^{y_1+y_2+\dots+y_{n-1}}) \dots\dots (8.3)$

ここに       $\alpha = 1/(1+a)$

今、 $n=3$ とすれば(

2回オーバーレイ実施)

(8.3)式は

$$P = (y_1 + y_2 + y_3)/x >$$

$$1 + k\alpha^{y_1}(1+\alpha^{y_2}) = Q$$

$\dots\dots (8.4)$

(8.4)式を図式化したものが図-3である。ただし

図-3では       $a = 0.08$  と

している。       $y_1 = 4$  年、

$y_2 = 5$  年、 $k = 0.4$  およ

び  $x = 15$  年の場合には、

$y_1 + y_2 + y_3$  が 15 年以上

(すなわち  $y_3$  が 6 年以上

) ならば段階施工計画の方が経済的に有利である。

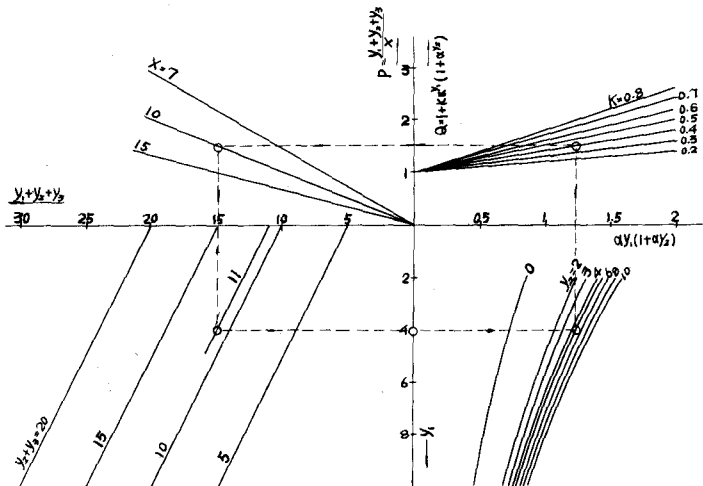


図-3 オーバーレイと打替更新との関係

(第13回国土開発建設学会、日本建設論文選載)

9 おわりに 舗装の段階施工 (Stage Construction) とは、最初から立派な舗装をしないで、簡易な構造のものからはじめて次々とオーバーレイ的措置をとることにより、終局的には高級舗装にするという考え、またはこれに類似した思想であることが多いけれども、原理的には舗装の寿命と減衰とを念頭に置かなければならないものと思われるので本論を発表して大方の御批判を乞う次第である。ただしこの小論はほんの一試案に過ぎない。今後わが国における実例を参考にして更に検討推稿を進めたい。本稿を草するに当り多大の援助を得た当研究所の諸兄に深甚の謝意を表す。 おわり