

大阪市立大学工学部 正員 山田 優

三瀬 貞

既設舗装の修繕の時期、優先順位、工法などを考える際、その時点での舗装のサービス性能だけでなく、以後の変化、修繕工法の効果などの予測が必要となる。以下、現在の舗装構造設計法の根拠となったAASHTO道路試験の結果¹⁾を応用して、残余寿命の予測式を誘導してみた。

1. 残余寿命 W_r と舗装の品質評価指標 W_c および α の定義

いま、その時点での累積交通量並びにその舗装の全寿命と残余寿命を、ある定まった大きさの軸荷重の通過数で表し、それぞれ W, W_c, W_r とすることにする。(図-1)

$$\text{図-1) } \text{すなわち、} W_r = W_c - W \quad \text{----- (1)}$$

舗装の寿命 W_c は、設計時に予測される寿命 W_c^* と必ずしも一致せず、造られた舗装の品質に従って変動する。この差を ΔW_c とする。 $\Delta W_c = W_c - W_c^* \quad \text{----- (2)}$

PSIの低下をもたらす舗装の破壊を、ひびわれ破壊とわだち掘れ破壊で代表させ、舗装の品質を、ひびわれ発生までの軸荷重通過数 W_c とわだち掘れ進行速度指数 α で評価できると仮定する。 α は、わだち掘れ深さ RD (cm) が $\sqrt{W}$ に比例して増加すると仮定して、 $\alpha = \sqrt{W} / RD \quad \text{----- (3)}$ と定義する。

W_c と α の設計時の予測値を W_c^* および α^* とし、 $\Delta W_c = W_c - W_c^* \quad \text{----- (4)}$, $\Delta \alpha = \alpha - \alpha^* \quad \text{----- (5)}$ とすると、(2)式の ΔW_c が ΔW_c と $\Delta \alpha$ にそれぞれ比例して変化すると仮定すると、 a_0, a_1, a_2 を定数として、

$$\Delta W_c = a_0 + a_1 \Delta W_c + a_2 \Delta \alpha \quad \text{----- (6)} \quad \text{と書くことができる。}$$

2. W_c と α から W_r を予測する式

図-1のPSIの限界値を P_1 とすると、 W_c^* は、AASHTO道路試験で導いた同帰式又はその式を応用して求めた舗装要綱付録5の設計式を用いて計算することができる。

W_c^* も、AASHTO道路試験の同帰式が使える。同試験で比較的早期に破壊してオーバーレイを施した99の舗装区間における ΔW_c と ΔW_c を計算し、その関係を示すと、図-2のようになる。

AASHTO道路試験ではわだち掘れの予測法について検討していないが、そこから99の舗装区間うち、 $p=1.5$ となるまでの軸荷重通過数が、同試験で得た予測式による計算値 α の $0.8 \sim 1.1$ 倍の範囲に入っている区間を標準的品質を示した舗装の区間と看做し、それらの区間のデータから、次の同帰式を得る。(図-3)

$$\log \alpha^* = 3.11 - 0.62 \log L_1 + 0.10 L_2 \quad \text{----- (7)} \quad (n=31, r=0.60)$$

式(7)を用いて計算された $\Delta \alpha$ と ΔW_c の関係は、99の舗装区間について、図-4のようになる。

よって、式(6)で表せると仮定して同帰分析すると、次式を得る。($n=99, r=0.71$)

$$\Delta W_c = 0.21 \times 10^5 + 0.57 \Delta W_c + 1.3 \times 10^2 \Delta \alpha \quad \text{----- (8)}$$

式(8)における $\Delta \alpha$ の寄与率は小さいので、変

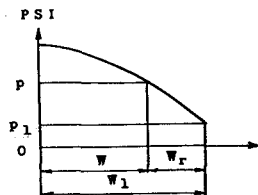
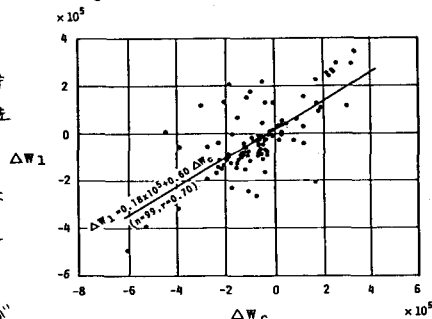
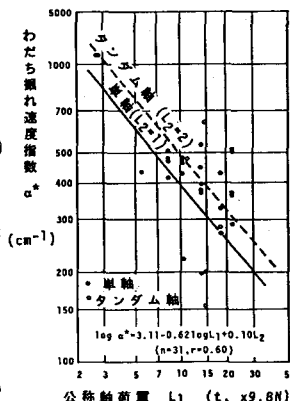
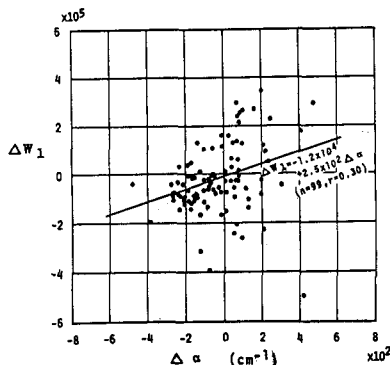
図-1 残余寿命 (W_r)図-2 ΔW_c と ΔW_c の関係

図-3 標準的品質の舗装におけるわだち掘れ進行速度指数と軸荷重の関係 (AASHTO道路試験)

図-4 ΔW_c と $\Delta \alpha$ の関係

数を ΔW_c の1つだけにしても精度はあまり変わらない。このとき、回帰式は次のようになる。

$$\Delta W_L = 0.18 \times 10^5 + 0.60 \Delta W_c \quad \text{----- (9)} \quad (n=99, r=0.70)$$

$$W_L^* = \Delta W_L \text{ が計算できれば、式(1)、(2)から } W_T \text{ を求めることができる。 } W_T = W_L^* + \Delta W_L - W \quad \text{----- (10)}$$

3. うびわれ率 CP とわだち掘れ深さ RD から W_T を予測する式

ΔW_c と ΔW_L は、路面の追跡調査から知ることができ、通常、その時々 t の路面性状が調査していない場合が多い。その場合、その時々 t のうびわれ率 CP とわだち掘れ深さ RD から W_T を予測せねばならない。

CP から W_c を推定することは、 CP と W_c の関係を知ることによって可能となるが、これまでにいくつかの追跡調査結果から、いまま必要と考えた CP の範囲(数%~数10%)においては、 CP が W_c とともに直線的に増加すると考えることができる。例えば、図-5は、神戸市での調査例であるが、ほぼ、

$$\text{そのように近似できる。そこで、 } CP = \lambda (W - W_c) \quad \text{----- (11)}$$

と仮定する。ただし、 $CP = \frac{\text{うびわれ面積} + \text{パンチ面積}}{\text{調査面積}} \times 100 (\%)$ 、 λ = 比例定数、

さらに、舗装の品質の変動に伴って、 W_c は変化しますが、 λ は、舗装構造によって決定されると考え、同じ構造をもつ標準の品質の舗装、すなわち $W_c = W_c^*$ となる舗装における λ に等しいと仮定する。

式(11)を求めたと同じ3/4は標準の品質と考えられる舗装区間について、

い、 $\lambda = W_c^*$ へ関係式をプロットすると、図-6のようになり、よい相関を示す。こ

れを両対数で直線として回帰すると、次式を得る。 $\log \lambda = 6.65 - 1.96 \log W_c^* \quad \text{--- (12)}$
($n=31, r=0.89$)

式(11)と(12)から、軸荷重通過数 W のとき、うびわれ率が CP (%)である舗装の ΔW_c の推定式として次式を得る。 $\Delta W_c = W - 2.24 \times 10^7 W_c^{1.96} \frac{CP}{W_c^*} - W_c^* \quad \text{--- (13)}$

一方、軸荷重通過数 W と、わだち掘れ深さが RD であれば、式(3)と(5)より、

$$\Delta W_L \text{ は次式から求まる。 } \Delta W_L = \frac{W}{RD} - \alpha W \quad \text{----- (14)}$$

式(13)と(14)を式(9)又は(9)に代入して、 ΔW_L を求め、式(10)に代入すると、 W_T を予測式で、

$$W_T = 0.21 \times 10^5 + W_L^* - 0.57 W_c^* - 1.3 \times 10^5 \alpha^* = 0.43 W - 1.3 \times 10^7 W_c^{1.96} \frac{CP}{W_c^*} + 1.3 \times 10^2 \frac{W}{RD} \quad \text{--- (15)}$$

$$\text{または } W_T = 0.18 \times 10^5 + W_L^* - 0.60 W_c^* - 0.40 W - 1.3 \times 10^7 W_c^{1.96} \frac{CP}{W_c^*} \quad \text{--- (16)}$$

ただし、 RD の奇手率は小さいので、実際には、式(16)で十分である。

要綱に従って構造設計した舗装の残余寿命予測式は、式(16)の場合について、具

体的に求めると、表-1のようになる。表には、1年当りの軸荷重通過数を 10^5 として、残余寿命と累積軸荷重通過数(年数)に換算した予測式を示した。

4. おわりに 以上、かなり大胆な仮定に基づいて、残余寿命の予測式を誘導して示した。残余寿命は、修繕計画に当たっての重要な判断材料と考えられる。実際の道路での修繕計画の状況と照らし合わせれば、予測式の有効性について検討することができよう。 参考文献 1) H.R.B.: The AASHTO Road Test, Report 5, HRB 5R61E/1962.

表-1 式(16)の具体例 (下記舗装構造は舗装要綱のTaと表層厚の規定を満足している)

交通区分	軸荷重 L (t)	設計CBR	表層厚 D_1 (cm)	粗粒層厚 D_2 (cm)	下層厚 D_3 (cm)	舗装層厚 D_4 (cm)	うびわれ率 CP (%)	設計時予測寿命 W_L^* (台)	設計時予測 W_c (%)	残余寿命予測式	
										軸荷重通過数 W とうびわれ率 CP から寿命 W_T (軸荷重通過数)を予測	経過年数 y とうびわれ率 CP から残余寿命 y_r (年)を予測
L	4	3	5	15	20	2.55	1.85	9.7×10^5	4.8×10^5	$W_T = 7.0 \times 10^5 - 0.4 W - 1.8 \times 10^4 CP$	$y_r = 7.0 - 0.4 y - 0.18 CP$
A	6	3	5	20	30	3.26	2.35	9.6×10^5	4.8×10^5	$W_T = 6.9 \times 10^5 - 0.4 W - 1.8 \times 10^4 CP$	$y_r = 6.9 - 0.4 y - 0.18 CP$
B	10	3	10	25	30	4.40	3.20	9.7×10^5	5.5×10^5	$W_T = 6.6 \times 10^5 - 0.4 W - 2.3 \times 10^4 CP$	$y_r = 6.6 - 0.4 y - 0.23 CP$
C	16	3	15	40	25	5.87	4.20	11.1×10^5	7.2×10^5	$W_T = 7.0 \times 10^5 - 0.4 W - 3.9 \times 10^4 CP$	$y_r = 7.0 - 0.4 y - 0.39 CP$
D	24	3	20	50	30	7.50	5.50	12.8×10^5	9.2×10^5	$W_T = 7.5 \times 10^5 - 0.4 W - 6.4 \times 10^4 CP$	$y_r = 7.5 - 0.4 y - 0.64 CP$