

V-21 コンクリート舗装のひびわれ挙動シミュレーション

東北大学 学生員 ○ J.R.Montañó M.
東北大学 正 員 武山 泰
東北大学 正 員 福田 正

1. はじめに

コンクリート舗装の力学的設計法においては、疲労値が設計のcriteriaになっている。この場合、コンクリート舗装の寿命はコンクリート版にひびわれが発生するまでの期間と定義したことになる。しかし実際にはコンクリート舗装は、ひびわれ発生後も交通に供用し得る能力があり、コンクリート舗装の供用寿命を評価するためには、舗装版のひびわれ挙動を明らかにする必要がある。

本研究では、東北地方の一般国道のコンクリート舗装箇所におけるひびわれ度に関する調査データを統計的に処理することによりひびわれ挙動のシミュレーションモデルを作成した。

2. ひびわれ度の増加量のモデル化

コンクリート舗装のひびわれ度 C I (Cracking Index) の増加量は、舗装構造、材料、交通条件、経年履歴などの種々の要因に影響されるものと考えられる。ここでは、構造条件として版厚、交通条件として交通区分をとり、経年数、ひびわれ度の影響について調査データから検討を行うこととした。版厚および交通区分によりグループ分けを行ったところ、調査地点数は表-1のようになっていた。版厚23cm、交通区分Cのデータがもっとも多いことから、このグループについて検討を行った。

表-1 調査地点数

Traffic Level	Slab thickness (cm)					Total
	20	23	25	28	29	
B	—	35	5	—	—	40
C	32	198	13	—	—	243
D	8	20	13	107	27	175
Total	40	253	31	107	27	458

版厚23cm、交通区分Cのコンクリート舗装箇所におけるひびわれ度調査結果による、ひびわれ度の経年変化を、図-2 (a) に示す。同一地点における

調査は、3～4年間隔で行われていることから、この間にひびわれ度が直線的に増加したものとして調査間隔の年数分の、1年間のひびわれ度の増加量のデータを得た。このようにして得た、ひびわれ度の1年間の増加量について、経年数、ひびわれ度によりランク分けを行ったところ、各グループのデータ数は表-2に示すとおりであった。

表-2 解析に用いたデータ数

Condition			Traffic service time (years)				Total
			0- 5	5-10	10-15	15-20	
			T 1	T 2	T 3	T 4	
C I	0- 1	C 1	163	191	187	114	655
	1- 2	C 2	1	31	64	47	143
	2- 3	C 3	0	6	20	33	59
	3- 6	C 4	0	6	15	43	64
	6- 9		0	1	0	22	27
	9-30		0	0	0	7	3
Total			164	235	286	266	951

C I : Cracking index (cm/m²)

各グループの増加量の分布を調べたところ、ひびわれ度の増加量は、次の二重指数分布関数によく適合していた。

$$F_s(s_i) = \exp(-e^{-s_i}) \dots\dots\dots(1)$$

$$S_i = \alpha (\Delta C I_i - \mu) \dots\dots\dots(2)$$

ここで、S_i : 標準極値変量

α : ΔC I のばらつきを示す逆尺度

μ : 原確率変数 ΔC I の特性最大値

ここで、データ数がN個のΔC Iを順序統計量として取り扱い、i番目のデータについて、累積確率の期待値 i / (N + 1) を与え、次式の標準極値変量 S_i と ΔC I とを図にプロットすることにより、幾何的な方法により累積密度関数 F_s(s_i) を決定することができる。

$$S_i = -1 \ln(-1 \ln(i/(N+1))) \dots\dots(3)$$

3. ひびわれ挙動シミュレーション

ひびわれ度の1年間の増加量について、経年数毎に分布関数を求めたところ、経年数の影響は明確ではなかった。また、経年数とひびわれ度によりグループ分けを行った場合、ひびわれ度の影響に比べて、経年数の影響が小さかったことから、ひびわれ度によりランク分けすることにより、増加量の分布関数を決定することとした。

解析により得られた、各ランク毎の分布関数の特性値 α 、 μ および、 $\Delta C I \leq 0$ となる場合にひびわれが進展しないものとした場合の、ひびわれが進展しない確率 P_0 の値を表-3に示す。

表-3 α 、 μ および P_0

Factor	Condition			
	C 1	C 2	C 3	C 4
α	7.984	4.485	3.365	1.816
μ	-0.043	0.070	0.201	0.476
P_0	0.494	0.255	0.140	0.093

この解析結果を基に、モンテカルロシミュレーションにより経年毎のひびわれ度の分布を求めた。シミュレーションのフローを図-1に示す。

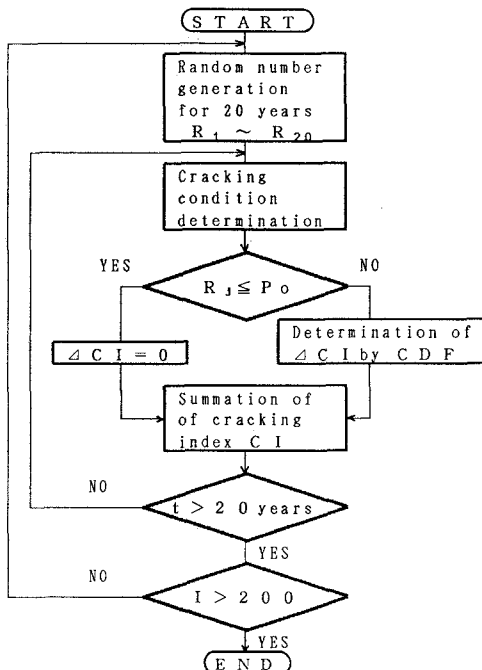


図-1 シミュレーションのフローチャート

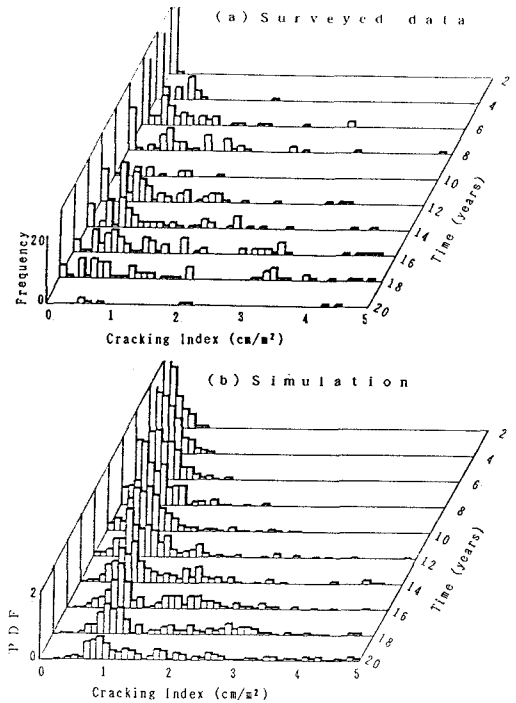


図-2 ひびわれ度分布の経年変化
（実測値およびシミュレーション結果）

これは、対象とする20年間の各年について乱数が発生させ、その年までのひびわれ度の増加量を累積したひびわれ度に対応するランクの増加量の分布関数から、ひびわれ度の増加量を決定し、ひびわれ挙動を表現するモデルである。

この一連のシミュレーションを200回実行して得られたひびわれ度の分布を図-2 (b)に示す。シミュレーションにより得られたひびわれ度の分布と、調査結果により得られた実際のコンクリート舗装におけるひびわれ度の分布は比較的良好に一致している。

4. あとがき

今後、他の版厚、交通区分のデータについても、ひびわれ度の増加量について解析を行うとともに、ひびわれ挙動を考慮に入れた、信頼性評価手法についてさらに検討を行うことが必要である。