

信頼性を考慮した舗装設計法に関する研究

福田道路株式会社 正会員 宮田俊介
長岡技術科学大学 正会員 丸山暉彦
長岡技術科学大学 正会員 中村 健

1. はじめに

わが国の舗装設計法において、構造設計での設計寿命年数と実際の寿命年数には大きな差がある。このため、早期破壊等の問題がみられる。これは現行の設計法では、入力条件である材料条件や交通条件などのばらつき（変動）を考慮していないためである。こうした現状を打開すべく、本研究では、現行舗装設計法に入力条件のばらつきを考慮できる信頼性設計法構築し、構造設計を合理的に行なえるようにした。

2. 信頼性の概念

本研究における信頼性とは、設計寿命期間の交通及び環境条件のもとで設計された舗装がその寿命を満足する確率である。例えば、設計寿命が10年で、信頼性が90%の舗装とは、設計した舗装構造が10年間破壊しない確率が90%ということである。

3. 入力の変動が破壊年数に及ぼす影響

入力条件のばらつきが破壊年数に及ぼす影響を明らかにすることは、信頼性設計法を構築する上で重要なことである。

弾性係数、層厚、交通量といった入力条件の変動は正規分布に近いばらつきを示す。そこで、ダイレクトモンテカルロ法を用い、乱数により正規分布を発生させ、その都度それに対応する関数値を求め、頻度分布を作成した。頻度分布は正規分布を示さず、評価が困難であるため、破壊年数の自然対数を取り、正規分布に近づけて、その変動率により影響の比較を行った。

表3-1に弾性係数、層厚、交通量がばらついた場合の影響の比較を示す。表より、下層路盤の弾性係数のばらつきは舗装の破壊年数にあまり影響を及ぼさないことが明らかとなった。本研究においては、下層路盤の弾性係数のばらつきは、考慮しないものとした。

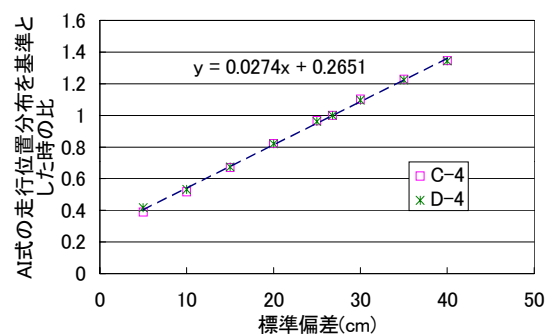
走行位置分布に関しては、ばらつきのある場合とない場合を計算し、走行位置分布の標準偏差と舗装

の破壊年数の関係式を作成した。

（図3-1、アスファルトの破壊年数への影響）

表3-1 入力変動が破壊年数に及ぼす影響

		破壊年数の変動率 (%)	
		アスファルト	路床
弾性係数	アスファルト	10.8	8.3
	上層路盤	17.0	8.3
	下層路盤	3.2	5.2
	CBR	2.1	15.3
層厚	アスファルト	22.2	12.7
	上層路盤	7.8	9.9
	下層路盤	0.9	9.5
交通量		10.4	7.0



アスファルト混合物層の破壊

図3-1 走行位置の標準偏差と破壊年数

アスファルト混合物層の温度は、各月毎の許容輪数を求め、(3-1)式より、舗装の破壊回

$$N_{fd} = \frac{1}{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{1}{N_{fi}} \right)} \dots\dots\dots (3-1)$$

N_{fd} ：破壊回数

N_{fi} ：温度条件 i における許容輪数

数を求めた。東京の平均気温を用いて検討した結果、

温度条件を考慮した場合とそうでない場合では約10%程度の差が見られた。

4. 道路破壊の確率変動の予測

3で得られた結果より、舗装の破壊年数に大きな影響を及ぼす入力条件のもと、舗装の破壊年数の確率変動を予測した。

直接的な破壊年数の確率変動予測の手法としては、ダイレクトモンテカルロ法がある。しかしながら、この手法は、計算回数が非常に多く非実用的である。そこで、本研究では、比較的少ない計算回数で舗装の破壊年数の確率変動を予測できる Rosenblueth による方法（平均値±標準偏差の値の関数値を求める計算のみで、確率分布を近似することができる手法）²⁾を用いた。

Rosenblueth による方法の推定精度は図4-1のとおりである。このように、ダイレクトモンテカルロ法と比較して、Rosenblueth による方法は、舗装の破壊年数の確率年数予測が可能であることが明らかとなった。

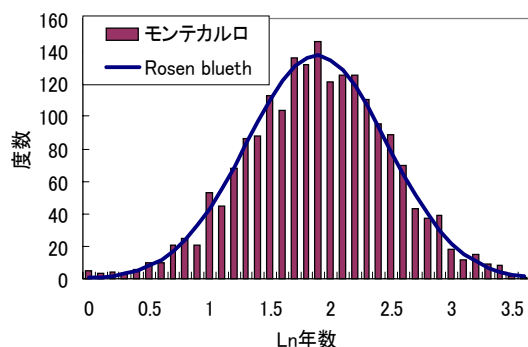


図4-1 破壊年数の確率変動予測

5. 遺伝的アルゴリズムを用いた最適設計

舗装構造設計を行なう際、コストという重要な要素を考慮し、より低コストとなる舗装構造を見つけ出さなければならない。その際、最適な舗装を設計するには繰り返し計算が必要となる。そこで、本研究では、GAにより局所解に陥ることなく最適な設計を行なえるようにした。

GAとは、ランダムに生成した仮想生物を交叉、突然変異などの遺伝子オペレータを作用させ、次世代の集団を形成させるという過程を繰り返すものである。

GAを用いた最適設計の設計例の結果を図5-1に示す。これより、コストがより低コストとなるように構造設計が行なわれていることが明らかとなった。

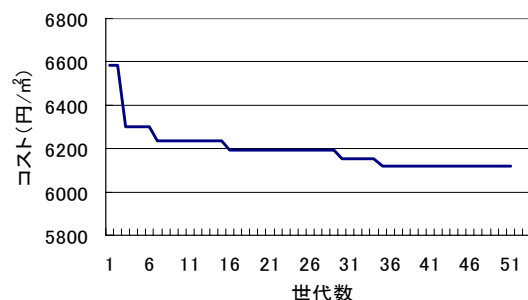


図5-1 GAによる最適設計

6. 信頼性設計法の提案

4の破壊年数の確率変動予測を5の最適設計に組み込み、信頼性設計法を構築した。図6-1に信頼性設計法の流れを示す。図の黒く塗りつぶされた部分において繰り返し計算を行なうことによって、最適な舗装構造を導いた。最適設計にはGAを用いた。

信頼性設計法により設計した舗装構造のアスファルト混合物層の破壊年数と確率密度の関係を図6-2に示す。図より、信頼性設計法は、設計年数を満足するとともに、より低コストな舗装構造を設計していることが確認できた。

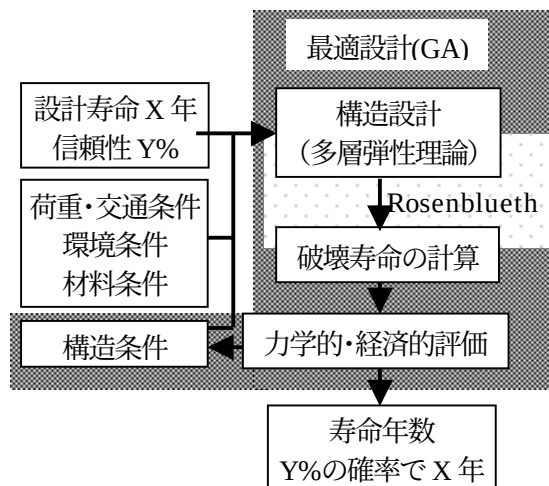


図6-1 信頼性設計の流れ

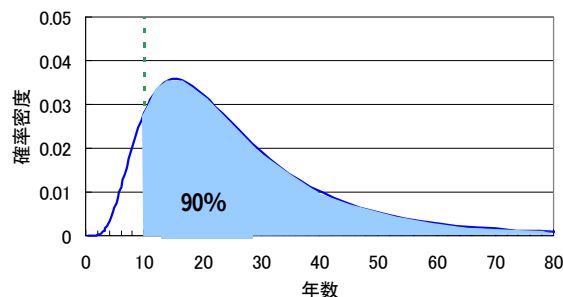


図6-1 信頼性設計（破壊年数 - コスト）