V－2　アスファルト舗装のひびわれに対するフラクタル分析

東北工業大学　正員　村井貞規
東北工業大学　正員　高橋彦人

1．序論

これまでアスファルト舗装のひびわれ破損については材料学的な取扱いと，実際の舗装構造としての破損とはそれぞれの立場から独立に分析されてきた．即ち材料学的には実験装置用に切り出された供試体の力学挙動を，変形や強度と言う観点から分析し，舗装の表層の破損としては，ある面積にひびわれが存在するかしないかという点から評価してきた．しかしこれらは基本的にはアスファルト材料の破壊にともなうひびわれの記述に対しては，その開始と，結果としてのある状態を巨視的に述べているにすぎないといえる．即ち舗装は何らかの原因により最初のひび割れが発生した後，徐々にそのひびわれが伸展，結合し機能的な破損に至るが，その伸展を表現するには，現在舗装の維持管理に用いられているひびわれ率は余りにもラフな指標であるといえよう．本研究はこのアスファルト舗装に発生したひび割れをフラクタル次元や，グラフ示数を使って表現し，その機能的破損に至る過程を明確にすることを目的としている．

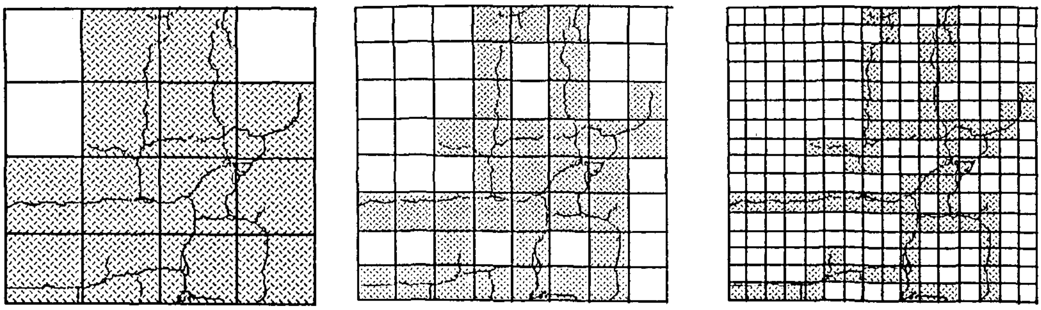
2．アスファルト舗装のフラクタル次元

フラクタル次元は自己相似性を持つ図形に対する幾何学的な表現法であり，フラクタル次元を求めるにはいくつかの方法がある．ここでは粗視化を変えることにより求めるいわゆるボックスカウンティング法を用いる．即ち対象とする面積を１辺がｒであるような正方形の面積に分割したとき，そこに存在する幾何学図形を被覆する数Ｎ（ｒ）が，変動するｒに対して

$$N(r) \propto r^{-D}$$

の関係が成立するときこの図形のフラクタル次元はＤであるとする．もちろんすべての図形がこの関係を満たすわけではなく，適用しようとする個々の対象について確認する必要がある．

アスファルト舗装については前述したようにひびわれ率という評価指標によりｒ＝０．５ｍ四方の中にひびわれが存在するときの面積を０．２５m^2 としその和を調査対象面積で割って％として求めている．そこで本研究では１ｍ　を基準の長さとして写真を撮影し，それをもとにひびわれをスケッチし，その粗視化を変えることによりフラクタル次元を求めた．図－１はほぼ対象面積いっぱいに広がったアスファルト舗装上に発生したひびわれと，それを含む正方形を示した．これからも分かるように，対象面積だけについてみるとひび割れ率は１００％になるが，升目の１辺が短くなると大幅にひび割れを含む割合は減少する．しかしフラクタル次元としては１．５６となり升目の長さによらず幾何学的対象としての次元が確定する．



ｒ＝１／４　　ｒ＝１／８　　ｒ＝１／１６

図－１　ひびわれとそれを被覆する正方形の関係

3．グラフ示数

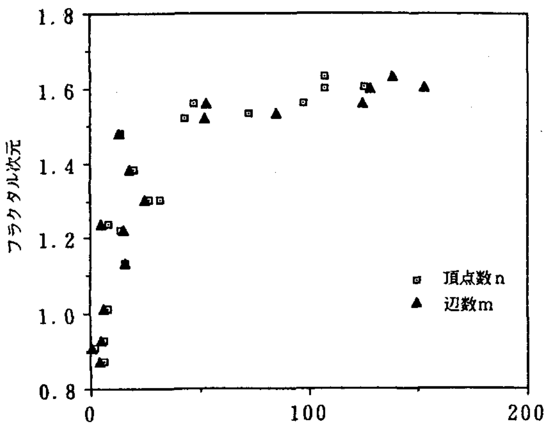
アスファルト舗装のフラクタル次元を求めることはできても，そのひび割れの伸展としてだけではなく，その造り出す幾何学特性を表現できる指標との関係が明確にならないとその意味を理解することは困難である．阿部等[1] は線状，面状，亀甲状ひびわれという従来の分類の他に，形状因子という値を導入しているが，これもひびわれを面積に還元するものであり余り明確な概念とは言い難い．そこで著者らが既に示した[2] グラフ理論における回路階数μとの関係を見ることにする．回路階数μは次式のように表され，そこに存在する辺によって囲まれた回路の数を表しており，実際には舗装板から切り離された部分を表す．

$\mu = m - n + p$

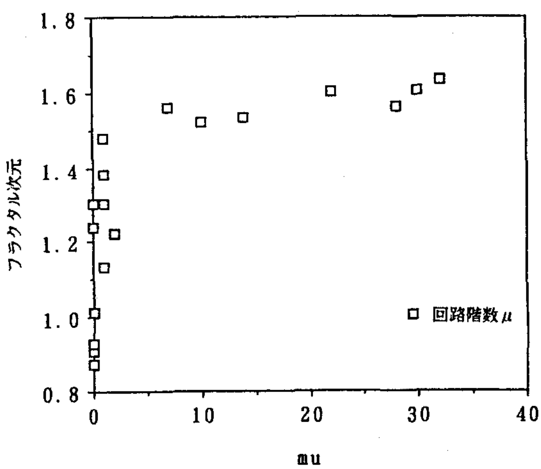
ここにm：辺数，n：頂点数，p：コンポーネント数である．

4．幾何学指標間の関係

アスファルト舗装に発生するひびわれについて上述の値を求めグラフ示数との関係を表したものが図－2，図－3である．図－2は辺数，頂点数とフラクタル次元の関係を示したものだが，どちらもほぼ同様の傾向を示しm，nの変化が小さくてもフラクタル次元はかなり増加し，これらの値が30を越えるあたりからフラクタル次元の値は横ばいになってくることが分かる．これをさらに端的に示しているのが図－3の回路階数とフラクタル次元の関係で，フラクタル次元1．5まではほとんど回路が出来ていないが，次元自体は増加しておりひびわれが伸展するとともに形状が変化していることが分かる．回路がある程度形成されるようになるとフラクタル次元はほぼ横ばいになることから，ひびわれによってできる回路で形成される幾何学形状は，ひびわれが伸展しても同じパターンが繰り返されるようになり，特性値の変化も余り見られなくなると考えられる．



図－2　辺数，頂点数とフラクタル次元



図－3　回路階数とフラクタル次元

5．結論

本研究においては，アスファルト舗装に生じるひびわれが，発生，伸展，同一パターンを繰り返しながら小片に分離していくという経過をフラクタル次元，グラフ示数との関連で明らかにした．今後は、こうした現象をこれらの値によって数値的に評価していくことが必要になると思われる．なおフラクタル次元を求める方法は他にもいくつかあり，評価方法の確立を比較検討していきたい．最後にフラクタル次元を求めるにあたってご協力いただいた前東北大学助手中川昌美氏に謝意を表します．

1）阿部，小川：舗装ひびわれのフラクタル分析，東京都土木技術研究所年報，1991．

2）村井，高橋：アスファルト舗装のひびわれに関する幾何学的分析，第46回年次学術講演回講演概要，1991．